



## Evaluación de los parámetros cinéticos de la producción de ácido láctico a partir de lactosuero empleando *Lactobacillus casei*

Ortiz López, Daniel José

Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. Núcleo de Avanzada. Venezuela

<https://orcid.org/0000-0002-6556-0637> [djortiz00@gmail.com](mailto:djortiz00@gmail.com)

ASA/Artículo

doi: <http://doi.org/10.5281/zenodo.12787873>

Recibido: 19-10-2023

Aceptado: 27-06-2024

### RESUMEN

El suero de leche es uno de los residuos más representativos de la industria lechera y uno de los contaminantes más severos que existen a nivel ambiental. No obstante, la cantidad de lactosa presente en este subproducto hace posible obtener a través de procesos de bioconversión, productos con un alto valor comercial, como el ácido láctico. En este sentido, el objetivo principal de esta investigación consistió en evaluar los parámetros cinéticos de la producción de ácido láctico a partir de lactosuero empleando *Lactobacillus casei*. El lactosuero fue enriquecido con lactosa como fuente principal de carbohidrato, con el fin de optimizar su consumo, en el lactosuero entero y desproteínizado. Con los resultados obtenidos experimentalmente se estableció un diseño completamente al azar con arreglo factorial completo 2x4, obteniendo de esta manera el efecto combinado de los factores para establecer los valores óptimos de la cinética de producción de ácido láctico en relación a concentración de biomasa, consumo de sustrato y formación de producto. El lactosuero desproteínizado al 1% de lactosa, arrojó el valor de acidez más alto (10 g/l de ácido láctico), el mayor rendimiento en biomasa con respecto al sustrato ( $Y_x/s$ ) se obtuvo en el lactosuero entero enriquecido al nivel de concentración de lactosa correspondiente al 10% (39,5 g de biomasa por cada gramo de sustrato consumido), observándose que la concentración de biomasa aumenta con la concentración de lactosa. No obstante, altas concentraciones de lactosa inhiben la producción de ácido láctico.

**Palabras clave:** Parámetros cinéticos, lactosuero, *Lactobacillus casei*.



## **Evaluation of the kinetic parameters of lactic acid production from whey using *Lactobacillus casei***

### **ABSTRACT**

Whey is one of the most representative residues of the dairy industry and one of the most severe pollutants that exist at the environmental level. However, the amount of lactose present in this by-product makes it possible to obtain products with a high commercial value, such as lactic acid, through bioconversion processes. In this sense, the main objective of this research was to evaluate the kinetic parameters of lactic acid production from whey using *Lactobacillus casei*. The whey was enriched with lactose as the main source of carbohydrate, in order to optimize its consumption, in the whole and deproteinized whey. With the results obtained experimentally, a completely randomized design with a complete 2x4 factorial arrangement was established, thus obtaining the combined effect of the factors to establish the optimal values of the kinetics of lactic acid production in relation to biomass concentration, consumption of substrate and product formation. The deproteinized whey at 1% lactose, yielded the highest acidity value (10 g / l of lactic acid), the highest and biomass yield with respect to the substrate ( $Y_x / s$ ) was obtained in the enriched whole whey at the level of lactose concentration corresponding to 10% (39,5 g of biomass for each gram of substrate consumed), observing that the concentration of biomass increases with the concentration of lactose. However, high concentrations of lactose inhibit lactic acid production.

**Keywords:** Kinetic parameters, whey, *Lactobacillus casei*.

## INTRODUCCIÓN

**E**l suero de leche es uno de los residuos más representativos de la industria lechera y uno de los contaminantes más severos que existen a nivel ambiental. El suero es definido como un líquido remanente tras la precipitación y separación de la caseína de la leche durante la elaboración del queso y constituye aproximadamente el 85 – 90 % del volumen de la leche, cuyos componentes principales como la lactosa, calcio, sales minerales y proteínas lactoséricas de bajo peso molecular solubles en su punto isoelectrico son retenidas en un 55%, ya que no reaccionan con el cuajo. El contenido en lactosa está entre 42 y 52 g/l, representando este el 70% del contenido total del conjunto de sólidos presentes.

Actualmente, la producción de lactosuero se constituye en un problema ambiental, debido a que aproximadamente el 47% de los 115 millones de toneladas de lactosuero producido a nivel mundial son desechadas al ambiente sin tratamiento previo, lo que además de ocasionar un gran daño ecológico, también representa una pérdida significativa de recursos (Guerrero *et al.*, 2012).

La producción quesera industrial para el año de 2005 en Venezuela se estimó en unos 400 millones de kilos; por lo que el suero residual alcanzó la cifra de 3.600 millones de litros. La legislación venezolana vigente prohíbe la eliminación de suero en cursos de agua y estanques. También trae problemas encauzarlo en zanjas y lagunas construidas para tal fin pues el ácido láctico impermeabiliza el suelo, formándose así, espejos putrefactos que inciden negativamente en la conservación del ambiente (Caminotti, 1993).

Como consecuencias de su inadecuada disposición, en los suelos se produce saturación de los mismos y en las aguas, debido a la presencia de alto contenido de nutrientes en el lactosuero, se genera un contenido de materia orgánica del 40 al 60 g/l de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y entre 50 y 80 g/l de Demanda Química de Oxígeno (DQO) de lactosuero líquido, siendo la lactosa el principal componente de los sólidos que contribuye a la alta DBO y DQO.

En este sentido, siendo la lactosa el principal componente del lactosuero, a través de procesos de bioconversión pueden obtenerse a partir de este, productos con un alto valor comercial, uno de estos productos es el ácido láctico. El ácido

láctico es un ácido orgánico valorado por su aplicación en la industria de alimentos, farmacéutica, química y su potencial como materia prima para la producción de polímeros biodegradables.

Uno de los microorganismos representativos de las bacterias ácido lácticas es el *Lactobacillus casei*, empleado para la recuperación de ácido láctico a partir del suero lácteo y que puede ser considerado para la regeneración de otros macrocompuestos presentes en el suero. La medición del crecimiento del microorganismo, el consumo del sustrato y la producción del ácido fundamenta la determinación de los parámetros que describen el bioproceso.

Por tal motivo, la presente investigación tuvo como propósito fundamental la evaluación de los parámetros cinéticos de la producción de ácido láctico a partir de lactosuero empleando *Lactobacillus casei*, lo que permitió caracterizar dicho proceso basado en tres variables importantes como concentración de biomasa, sustrato y formación de producto, además del aprovechamiento de este subproducto generado por la industria láctea, lo que permitirá a futuro crear estrategias de recuperación a la agroindustria destinada a la elaboración de queso, cuyo lactosuero generado por estas, sea

aprovechado a través de procesos biotecnológicos para la generación de productos como el ácido láctico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente investigación se evaluaron los parámetros cinéticos de la producción de ácido láctico a partir de lactosuero empleando *Lactobacillus casei*. El medio empleado en las fermentaciones fue el siguiente: suero entero y desproteinizado, ambos sometidos y enriquecidos a cuatro niveles de concentración de lactosa 0, 1, 5 y 10 % p/v. Considerando que la concentración de inóculo, la temperatura y el pH se mantuvieron constantes en cada uno de los tratamientos. Cabe destacar, que el nivel cero (0) de concentración se refiere a la concentración de lactosa nativa del lactosuero antes de la suplementación.

El lactosuero, se obtuvo de la última etapa de producción de quesos de la empresa Lácteos La Fe. C.A ubicada en San Felipe, estado Yaracuy. Se tomó una muestra de 36 litros la cual se caracterizó midiendo humedad, sólidos totales, sólidos solubles (°Brix), cenizas, proteínas y lactosa.

Cepas liofilizadas de *Lactobacillus casei*, fueron activadas en 10 ml de caldo MRS (Man, Rogosa

y Sharpe) incubando a 37°C durante 24 h, periodo después del cual se tomó 1 ml y se agregaron a 9 ml de caldo MRS y posterior incubación a 37°C durante 6 h. Del caldo se tomó 1 ml y se realizaron siembras en profundidad en Agar MRS y se incubó a 37°C durante 48 h. Se adaptó inoculando con 10 ml de *Lactobacillus casei* activado en 500 ml de lactosuero e incubando a 37°C durante 12 horas.

El lactosuero se sometió a desproteínización por tratamiento térmico esterilizando en autoclave a una presión de 15 libras, temperatura de 121 °C y un tiempo de 15 min, posteriormente se enfrió a 20 °C para finalmente someterlo a filtrado, centrifugado y filtrado a vacío con papel Whatman N° 42.

El lactosuero entero fue sometido a pasteurización a 90°C por un tiempo de 20 minutos. Ambos lactosueros fueron caracterizados antes midiendo acidez titulable, sólidos solubles, contenido de lactosa, proteína, humedad y cenizas. Posteriormente, se preparó un cultivo de adaptación (Preinóculo) para cada lactosuero

Con el fin de establecer las mejores condiciones para la producción de ácido láctico por las bacterias, la fermentación se llevó a cabo en 8

montajes diseñados en fiolas de 500 ml bajo condiciones anaeróbicas. Se realizaron 4 repeticiones por cada tratamiento, controlándose la temperatura a 37°C, pH entre 5 y 5,6, concentración de inóculo (10 %).

Las muestras de lactosuero (entero y desproteínizado) fueron enriquecidas con lactosa a niveles 0, 1, 5 y 10% (p/v) para un total de 4 niveles de concentración, bajo condiciones asépticas. Se realizaron 8 montajes (4 repeticiones por cada uno), obteniéndose un total de 32 observaciones (unidades experimentales) para llevar a cabo el proceso de fermentación láctica a partir del lactosuero previamente adaptado y acondicionado.

A cada unidad experimental se analizó lo siguiente:

Formación de producto (ácido láctico), consumo de sustrato (lactosa) y producción de biomasa (Peso seco). Adicionalmente se determinó los sólidos solubles (°Brix). Estos análisis se realizaron por duplicado a tiempos dados desde el tiempo cero que corresponde a la inoculación, hasta que termina cada fermentación. Se realizaron mediciones en intervalos de tiempo comprendidos en 0, 24, 48 y 72 horas.

Para establecer el comportamiento en relación al consumo de sustrato (Lactosa), se tomó como

base la curva patrón de azúcares reductores, determinada por el método colorimétrico modificado DNS (ácido dinitrosalicílico). La concentración de lactosa presente en el medio de cultivo, fue medida por el método espectrofotométrico a 540 nm (AOAC 16051; Serna y Naranjo, 2005; Serna y Rodríguez, 2007).

Se determinó la biomasa a través de la determinación de peso seco empleando el método de secado por estufa a una temperatura de 105 °C.

El ácido láctico fue medido mediante titulación (como acidez titulable) según norma COVENIN 658:1997

Las pruebas y los análisis aplicados fueron los de varianza ANAVAR. Se realizaron análisis por cada tiempo. Como prueba de validación se aplicó Shapiro- Wilk y ajuste de los datos por transformación de Johnson (Anexos E, F y G). Los parámetros cinéticos fueron evaluados mediante comportamientos gráficos a los diferentes tratamientos en función del tiempo transcurrido las 72 horas del proceso de fermentación., empleando el software MINITAB 18.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización realizada a los lactosueros (Cuadro 1) coincide con el rango de valores reportado para lactosuero ácido y lactosuero de requesón por (Guerrero *et al.* 2012). Se pudo observar en el suero desproteínizado un ligero incremento en la concentración de la acidez posiblemente causada por el tratamiento térmico al efectuar la desproteínización, al igual que una disminución en el contenido de nitrógeno y lactosa. Los valores de nitrógeno y proteína para este suero son comparables a los hallados por (Urribarri *et al.* 2009).

El valor del pH en los dos tipos de lactosueros, los define como sueros ácidos (Miranda *et al.* 2009), pudiéndose considerar medianamente ácido al suero entero y ácido al desproteínizado, de acuerdo a lo observado por (Gutiérrez, 2006). Estudios realizados señalan que la mayoría de las bacterias ácido lácticas tienen alta tolerancia a pH por debajo de 5, lo que da la ventaja competitiva sobre otras bacterias (Hofvendahl y Hagerdal, 2000), y al empleo de *Lactobacillus casei* en lactosuero con estas características viable desde el punto de vista biotecnológico para ser usado en producción de ácido láctico.

Otras investigaciones reportan que el pH óptimo para la producción de ácido láctico en los

lactosueros varía entre 5 y 7 (Vijayakumar *et al.* 2008).

**Cuadro 1.** Caracterización fisicoquímica de los lactosueros.

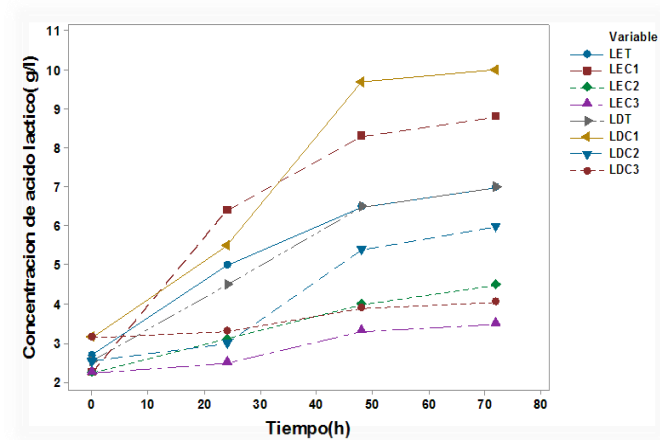
Parámetros	Suero entero		Suero desproteínizado	
	X ± S		X ± S	
% Sólidos totales	2,54	0,0060	2,44	0,0083
% Humedad	97,46	0,1800	97,56	0,2300
°Brix	2,5	0,0070	2,0	0,0080
Ph	5,65	0,0015	5,56	0,0025
Densidad(g/ml)	1,030	0,0012	1,030	0,0090
% Nitrógeno	0,30	0,0045	0,15	0,0050
% Proteínas	1,40	0,0023	0,90	0,0038
Lactosa (g/l)	47,6	0,1120	38,8	0,1120
Calcio( g/l)	0,42	0,0016	0,35	0,0028
Acidez titulable (% ácido láctico)	0,27	0,0062	0,255	0,0053

X: Valor promedio S: desviación estándar

En los tratamientos con lactosuero desproteínizado se encontraron valores de acidez diferentes en aquellos donde se usó lactosuero entero; tomando en consideración una concentración de inóculo constante del 10%, similares a los valores encontrados por (Cury *et al.* 2012), la cual establece que el lactosuero entero y las altas concentraciones del inóculo al

inicio de la fermentación favorecen una alta acidificación del medio.

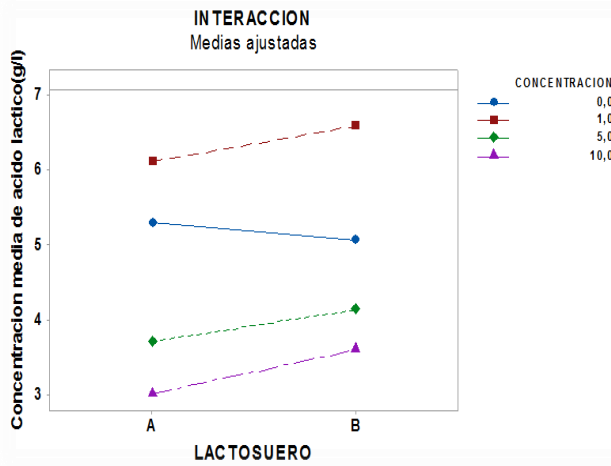
Según la Figura 1, se observa que el lactosuero desproteínizado al 1% de lactosa, arrojó el valor de acidez más alto (10 g/l de ácido láctico) al igual que el lactosuero entero a la misma concentración (8,30 g/l de ácido láctico). No obstante, los valores de acidez más bajos observados, se encontraron en ambos lactosueros con un nivel de concentración de lactosa correspondiente al 10%.



**Figura 1.** Producción de ácido láctico (g/l) en función del tiempo de fermentación para lactosuero entero y desproteínizado a diferentes concentraciones de enriquecimiento con lactosa.

(Valores promedios ± desviación estándar).

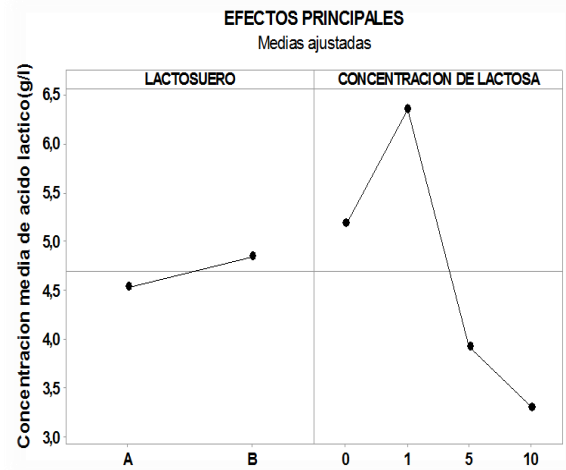
T: Tratamiento LDT: Lactosuero desproteínizado sin enriquecimiento. LDC1: Lactosuero desproteínizado al 1% p/v, LDC2: Lactosuero desproteínizado al 5% p/v LDC3: Lactosuero desproteínizado al 10% p/v. LDE: Lactosuero entero sin enriquecimiento. LEC1: Lactosuero entero al 1% p/v, LEC2: Lactosuero entero al 5% p/v LEC3: Lactosuero entero al 10% p/v.



**Figura 2.** Acidificación con *L. casei* debido al efecto combinado del tipo de lactosuero entero(A), desproteínizado (B) y concentración de lactosa suplementada (0, 1, 5 y 10%).

Se observa que el tipo de lactosuero no tiene un efecto significativo con una confiabilidad del 95% ( $p < 0,05$ ) sobre la producción de ácido láctico, debido que no se encontraron según ANAVAR, diferencias estadísticamente significativas ( $F:0,18 < P:0,675$ ) (Figura 2). No obstante, la concentración de lactosa en el tiempo de fermentación sí posee un efecto significativo en cada uno de los tratamientos, sobre la producción de ácido láctico, debido a las diferencias significativas encontradas ( $F:3,38 > P:0,035$ ).

Por otro lado, la interacción de estas variables no tiene un efecto significativo sobre la formación de ácido láctico ( $F:0,06 < P:0,978$ ) (Figura 3).

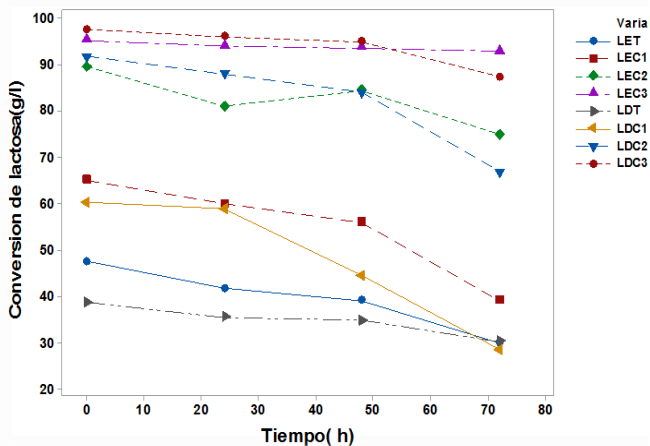


**Figura 3.** Efecto de la interacción del tipo de lactosuero entero(A), desproteínizado (B); y del porcentaje de concentración de lactosa suplementada para la acidificación (% de ácido láctico).

Según Figura 4, se observa que el mayor consumo de lactosa en el tiempo de fermentación establecido a las 72 horas, ocurren en lactosuero desproteínizado enriquecido al 1% de lactosa (52,64%) y en el lactosuero entero enriquecido a la misma concentración de lactosa (39,78%), durante el periodo de fermentación, para ambos lactosueros. De igual manera, el menor consumo de lactosa en el tiempo, se puede observar en los lactosueros (entero y desproteínizado) enriquecidos al 10% de lactosa, lo cual representa un 2,42% y 10,46% respectivamente. Por lo tanto, a medida que aumenta la concentración de lactosa en el lactosuero, limita la conversión de esta para la producción de ácido láctico.



### Relación de la conversión de lactosa a través del tiempo con el tipo de lactosuero

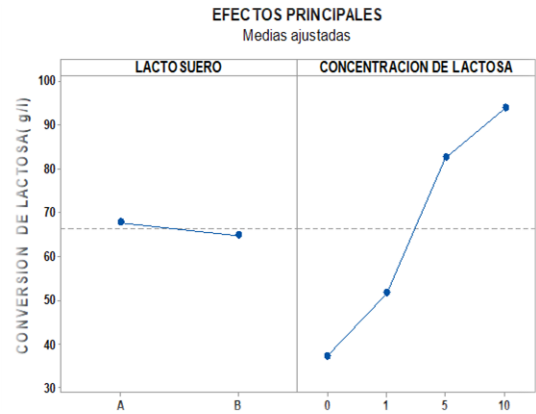


**Figura 4.** Efecto de la conversión de lactosa en ácido láctico, a través del tiempo de fermentación, a partir de lactosuero entero (LE) y desproteinizado (LD).

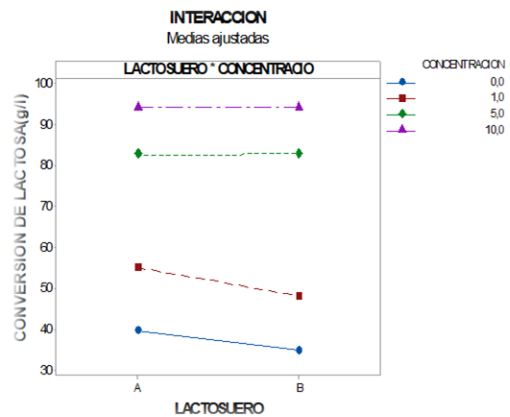
En relación a efectos simples, se puede observar que el mayor consumo de lactosa (disminución de lactosa en el tiempo), es favorecida en el lactosuero desproteinizado (B), en comparación con el lactosuero entero(A), a medida que disminuye la concentración de lactosa en el lactosuero (Figura 5).

Se observa que el consumo de lactosa y su concentración en el tiempo de fermentación para ambos lactosueros entero y desproteinizado tienen un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) sobre la formación de ácido láctico. No obstante, el tipo

de lactosuero y la interacción de ambos factores no poseen un efecto significativo (Figura 6).

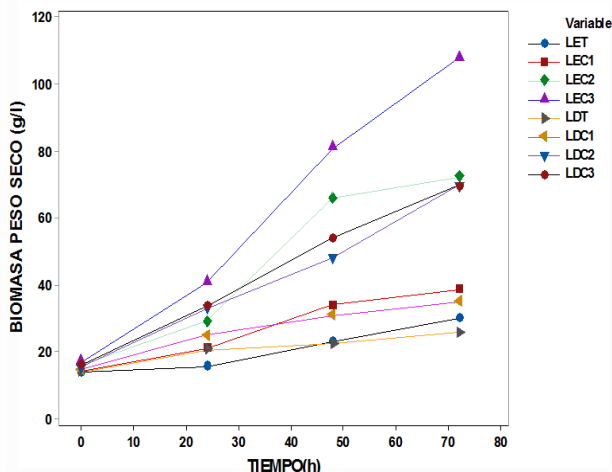


**Figura 5.** Disminución (Conversión) de lactosa con *Lactobacillus casei* debido al efecto combinado del tipo de lactosuero entero(A), desproteinizado (B) y concentración de lactosa suplementada (0, 1, 5 y 10%).



**Figura 6.** Efecto de la interacción del tipo de lactosuero Entero(A), desproteinizado (B); y los niveles de concentración de lactosa, en el consumo de lactosa a partir de *L. casei*.

### Producción de biomasa a través del tiempo con el tipo de lactosuero y concentración de lactosa.



**Figura 7.** Efecto de la producción de biomasa a través del tiempo de fermentación, a partir de lactosuero entero (LE) y desproteinizado (LD).

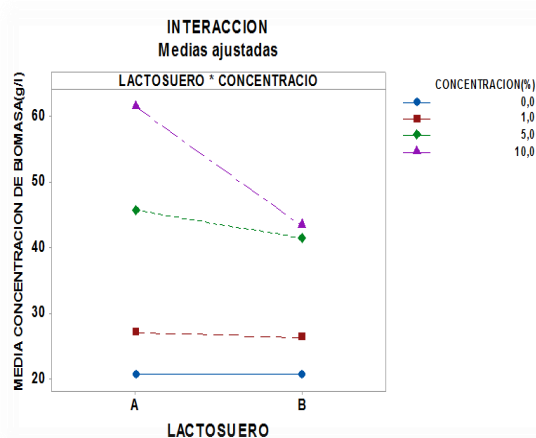
Según Figura 7, la mayor producción de biomasa obtenida a las 72 horas de fermentación, se obtuvieron tanto en el lactosuero entero y desproteinizado suplementado al nivel de concentración de lactosa correspondiente al 10%, observándose que la concentración de biomasa aumenta con la concentración de lactosa para ambos lactosueros.

En cuanto a la producción de biomasa hay un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) de la concentración de lactosa y no del tipo de lactosuero o la interacción de estos (Figura 8). Se observan diferencias altamente significativas en el rango de concentraciones evaluadas, así como un

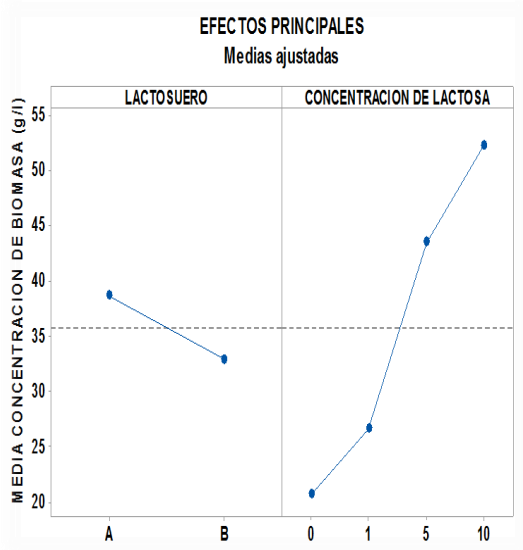
incremento de la concentración de biomasa con el aumento de la concentración inicial de lactosa.

En relación a efectos principales (Figura 9), se observa que el lactosuero entero(A) favorece la producción de biomasa con respecto al lactosuero desproteinizado (B), registrando un aumento de la producción de biomasa a medida que aumenta la concentración de lactosa.

Cabe destacar que el incremento de lactosa favoreció la producción de biomasa. Según Jurado (2009), las bacterias ácido lácticas requieren para su multiplicación de azúcares como lactosa y glucosa, además de aminoácidos, vitaminas y otros factores de crecimiento.



**Figura 8.** Efecto de la interacción del tipo de lactosuero Entero(A), desproteinizado (B); y de la concentración de lactosa en la producción de biomasa



**Figura 9.** Producción de biomasa con *L. casei* debido al efecto combinado del tipo de lactosuero entero(A), desproteínizado (B) y concentración de lactosa suplementada (0, 1, 5 y 10%).

**Estimación de parámetros estequiométricos:**

Entre los tratamientos 1 y 4 (0 y 10% de lactosa), se encuentra la variación máxima y mínimo de rendimiento ( $Y_{p/s}$ ). Para el lactosuero desproteínizado los rendimientos varían de 0,47 a 0,09 (g ácido láctico/ g lactosa) respectivamente, observándose un aumento del rendimiento a medida que disminuye la concentración de lactosa. Este comportamiento es similar en el lactosuero entero en los tratamientos 6 y 8. El mayor y menor rendimiento se obtuvieron en el lactosuero entero enriquecido al 1 y 10% de lactosa (0,23 y 0,08 g ácido láctico/ g lactosa)

respectivamente, coincidiendo de esta manera con los hallazgos encontrados por (Carlos *et al.* 2012), el cual establece que el rendimiento de ácido láctico ( $Y_{p/s}$ ) decrece con el aumento de la concentración de lactosa.

Por otro lado, en todas las fermentaciones realizadas en este estudio el rendimiento observado de sustrato en producto ( $Y_{p/s}$ ) fue menor que el de sustrato en biomasa ( $Y_{x/s}$ ) (Cuadro 7). Esto indica que las condiciones de fermentación fueron apropiadas para favorecer la producción de biomasa sobre la producción de ácido láctico.

Las mayores producciones de ácido láctico con respecto a la biomasa ( $Y_{p/x}$ ) se obtuvieron en el lactosuero desproteínizado, enriquecidos al 0 y 1% de lactosa (0,34 g de ácido láctico por cada gramo de biomasa producida), según figura 24. La mayor producción volumétrica (Q), se obtiene en el lactosuero desproteínizado enriquecido al 1% de lactosa (1,39 g/ l de ácido láctico. hora), según figura 26. Estos resultados son similares a los encontrados por (Carlos *et al.* 2012), los cuales obtuvieron una productividad máxima de (1,1 g/ l de ácido láctico. hora). El coeficiente de rendimiento  $Y_{p/s}$  varió de 0,5306 - 0,2488 g. l<sup>-1</sup> para 47,9 g.l<sup>-1</sup> y 87,72 g.l<sup>-1</sup> de lactosa inicial. Al comparar los valores arrojados por ( Carlos *et al.* 2012)

donde el 84,0 al 77,4% de lactosa fue utilizada después de 21 horas de fermentación con los arrojados en esta investigación después de 72 horas, donde se observó que existe un 52,64 y 39,78 % de utilización de la lactosa en el lactosuero desproteinizado y entero enriquecido al 1% de lactosa, se evidencia, que es necesario el enriquecimiento combinado con una fuente de carbono y nitrógeno( lactosa y sulfato de amonio) para permitir un mayor aprovechamiento en menor tiempo para la utilización del sustrato.

**Cuadro 2.** Parámetros estequiométricos después de 72 horas de fermentación, en lactosuero entero y desproteinizado empleando *Lactobacillus casei*.

Variable de estudio Tratamientos	Yx/s	Yp/s	Yp/x	%Consumo de lactosa	Qp(g/l.h)
LDT(1)	1,38	0,47	0,34	21,65	0,902
LDC1(2)	0,64	0,22	0,34	52,64	1,39
LDC2(3)	1,31	0,11	0,087	27,12	0,75
LDC3(4)	5,24	0,09	0,017	10,46	0,78
LET(5)	0,93	0,19	0,20	36,55	1,041
LEC1(6)	0,93	0,23	0,25	39,78	1,18
LEC2(7)	3,83	0,12	0,03	16,40	0,625
LEC3(8)	39,5	0,08	0,012	2,42	0,49

Y<sub>x/s</sub> (Rendimiento en biomasa con respecto a ácido láctico producido), Y<sub>p/s</sub> (Rendimiento de ácido láctico a partir del sustrato), Y<sub>p/x</sub> (Rendimiento de ácido láctico con respecto a la biomasa), consumo de lactosa y producción volumétrica de ácido láctico

## CONCLUSIÓN

El lactosuero es una materia prima favorable para producir ácido láctico mediante el proceso de fermentación por *Lactobacillus casei*.

El lactosuero empleado presento características físicas y químicas viables desde el punto de vista biotecnológico para ser usado en la producción de ácido láctico.

En relación a los parámetros cinéticos evaluados, se obtuvo un máximo rendimiento de ácido láctico con respecto al sustrato consumido en el lactosuero desproteinizado sin suplementación de lactosa (0,47 g ácido láctico/g lactosa). La mayor producción volumétrica (Q), se obtiene en el lactosuero desproteinizado enriquecido al 1% de lactosa (1,39 g/ l de ácido láctico. hora).

El tipo de lactosuero (entero y desproteinizado) y la interacción de los factores evaluados a los diferentes niveles no tienen un efecto significativo sobre la producción de ácido láctico, producción de biomasa y conversión de lactosa. No obstante, la concentración de lactosa en el tiempo de fermentación si posee un efecto significativo en cada uno de los tratamientos, sobre la producción de ácido láctico y biomasa. El enriquecimiento con lactosa favorece a la producción de biomasa durante el proceso de

fermentación del lactosuero con *Lactobacillus casei*.

La alta concentración de lactosa inhibe la producción de ácido láctico durante el proceso de fermentación del lactosuero empleando *Lactobacillus casei*.

El *Lactobacillus casei* se desarrolla con un alto rendimiento en ácido láctico, que se reduce al incrementarse la concentración inicial de lactosa (fuente de carbono) en el medio.

## REFERENCIAS

- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. **Manual of Official Methods of Analysis. 13th Edition.** Washington DC: 1990.
- Caminotti, (1993). **Plan de mejoramiento de la producción porcina.** ISSN 0327 - 6732. Hoja informativa N° 243, EEA, INTA Marcos Juárez. Argentina.
- COVENIN, (1077:1997). **Comisión Venezolana de Normas Industriales. Leche y sus derivados.** Determinación de humedad. Segunda revisión.
- COVENIN, (658:1997). **Comisión Venezolana de Normas Industriales. Leche y sus derivados.** Determinación de acidez titulable. Tercera revisión.
- COVENIN, (367:82). **Comisión Venezolana de Normas Industriales. Leche fluida.** Determinación de densidad relativa. Primera revisión.
- Cury Regino, K.; Arteaga Márquez M.; Martínez Flórez, G; Luján Rhenals D. y Durango Villadiego, A. (2014). **Evaluación de la fermentación del lactosuero ácido (entero y desproteinizado) utilizando *Lactobacillus casei*.** Revista Colombiana de Biotecnología, vol. XVI, núm. 1, julio, 2014, pp. 137-145. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- García C, Arrázola, G. y Villalba, M. (2013). **Producción de ácido láctico de lactosuero suplementado utilizando *Lactobacillus casei*.** Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol. 11 No. 1 (136 - 143). Grupo Investigación Procesos y Agroindustria de Vegetales. Universidad de Córdoba.
- Guerrero Rodríguez, W; Castilla-Hernández, P.; Gómez-Aldapa, C. y Castro-Rosas, J. (2012). **Degradación anaerobia de dos tipos de lactosuero en reactores uasb.** Centro de Investigaciones Químicas, ICBI, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México Tecnología Química 33(1): 99-106
- Gutiérrez, E. (2006). **Desarrollo de una bebida de suero dulce derivado de la fabricación de queso fresco, fermentada con cultivos *Lactobacillus helveticus* y *Streptococcus salivarius* var *thermophilus* (TCC-20), adicionada con cultivo probióticos *Lactobacillus paracasei* subsp. *Paracasei* LC-01.** Tesis para optar el título de licenciado en tecnología de alimentos. Costa Rica. Pág. 7.
- Hofvendahl, K y Hagerdal, H. 2000. **Factors affecting the fermentative lactic acid production from renewable resources.**

- Enzyme and Microbial Technology 26, 87-107.
- Jurado, H. (2009) **Evaluación de bacterias ácido-lácticas con características probióticas en la alimentación de lechones en fase de precebo como alternativa al uso de antibióticos.** Valle del Cauca, Colombia: Universidad del Valle. 170p. Tesis (Doctorado en Ingeniería de Alimentos).
- Ley Orgánica del Ambiente, (2006). **Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5833.** Asamblea Nacional. 52 pp.
- Ley Penal del Ambiente, (1992). **Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4358E.** Congreso de la República de Venezuela. 14 pp.
- Miranda O, Fonseca PL, Ponce I, Cedeño C, Sam L, Martí L. 2007. **Elaboración de una bebida fermentada a partir del suero de queso. Características distintivas y control de la calidad.** RCAN Rev Cubana Aliment Nutr 2007;17:103-8.
- Oreopoulou, V. y Russ, W. (2007). **Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry.** Springer Science+Business Media, LLC.
- Serna, L y Naranjo, E (2005). **Producción de ácido láctico por una mezcla de *Lactotococcus lactis* y *Streptococcus salivarius* en fermentación en discontinuo.** Revista Colombiana de Biotecnología. 7(1):32-38. Pág. 34
- Serna, L y Rodríguez, A (2007). **Producción económica de ácido láctico utilizando residuos de cosecha y jugos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L).** Chile. 67(1):29-38. Pág. 31.
- Tamayo, M. (2001). **El proceso de investigación científica (3ra edición).** Ciudad de México, México: Editorial Limusa, S.A.
- Urribarrí, L.; Vielma, A; Páez, G. y Ferrer, J. (2004). **Producción de ácido láctico a partir de suero de leche, utilizando *Lactobacillus helveticus* en cultivo continuo.** Revista Científica, FCV- LUZ / Vol. XIV, N° 4, 297 - 302, 2004.
- Vijayakumar, J., Aravindan, R. y Viruthagiric, T. (2008). **Recent trends in the production, Purification and application of Lactic Acid.** Chemical and Biochemical Engineering 22(2): 245-264.