

## Efecto de la concentración de inóculo y tiempo de fermentación en la producción de dextranos por *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* aislados de jugo de caña de azúcar.

Effect of concentration of inoculum and the fermentation time dextran production by *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* isolated from sugar cane juice.

<sup>1</sup>Juan Velásquez C. <sup>2</sup>Heber Robles C.<sup>a</sup>

### RESUMEN

Las variables ensayadas fueron: concentración de inóculo 5 %, 10 % y 15 % y tiempo de fermentación 24, 36 y 72 horas. El biorreactor fue alimentado con 250 mL de caldo hipersacarado. La concentración del inóculo se determinó con la ayuda de la cámara de Neubauer para luego estandarizarla a  $1,6 \times 10^8$  cel/mL en volúmenes de 5 %, 10 % y 15 % constituyendo cada uno los inóculos definitivos. La eficiencia de la producción de dextranos fue calculada de acuerdo a la Concentración de dextrano (g/L), Productividad de dextrano (g/L.h) y Conversión de sustrato (%). La optimización de variables fue obtenida con la Prueba de Análisis de Varianza (ANAVA) y la Prueba Discriminatoria de Tukey. Las condiciones óptimas para la producción de dextranos por *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* fueron a partir de una concentración de inóculo de 5 % y tiempo de fermentación de 36 h, produciendo una concentración de dextrano de 30,730 g/L, productividad de 0,853 g/L.h y conversión de sustrato de 30,730%.

**Palabras clave:** Dextrano, biorreactor, caldo hipersacarado, eficiencia, productividad, optimización, inóculo.

### ABSTRACT

The variables tested were: inoculum concentration of 5%, 10% and 15% and fermentation time 24, 36 and 72 hours. The bioreactor was fed with 250 mL of broth hipersacarado. The inoculums concentration was determined with the help of the camera Neubauer then standardized to  $1,6 \times 10^8$  cel/mL in volumes of 5 %, 10 % and 15 % are each final inocula. The efficiency of production of dextran was calculated according to the Concentration of dextran (g/L), Productivity of dextran (g/L.h) and substrate conversion (%). The optimization of variables was obtained with the Test of Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey discriminatory test. The optimum conditions for dextran production by *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* were from a concentration of 5 % inoculums and fermentation time of 36 h, producing a dextran concentration of 30,730 g/L, productivity of 0,853 g/L.h and substrate conversion of 30,730 %.

**Keywords:** Dextran, bioreactor, hipersacarado broth, efficiency, productivity, optimization, inoculum.

<sup>1</sup>Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, Universidad Nacional de Jaén.

<sup>2</sup>Facultad de Microbiología y Parasitología, Universidad Nacional de Trujillo.

<sup>a</sup> Biólogo.

## INTRODUCCIÓN

Dextrano ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub> es un polisacárido de alto peso molecular, compuesto de unidades de D-glucosa unidos mediante enlaces glucosídicos  $\alpha$ -(1-6); estructuralmente diversos y se caracterizan de acuerdo con el porcentaje, naturaleza y distribución de sus enlaces.

El dextrano se produce generalmente en cultivos de bacterias lácticas como *Streptococcus*, *Acetobacter* o *Leuconostoc*, en medios que contienen sacarosa; las células en crecimiento secretan una enzima inducible llamada dextranucrasa, que hidroliza la sacarosa, liberando fructosa y glucosa, esta última molécula sirve para sintetizar dextrano (Rodríguez y Hanssen, 2007).

El uso de los dextranos en la alimentación se debe principalmente a su capacidad para alterar las propiedades reológicas del agua presentes en los productos alimenticios, así como para modificar su textura. De hecho existe un gran número de dextranos que pueden ser utilizados como agentes espesantes o gelificantes, (Mata, 2006).

Existe una relevancia económica de productos generados industrialmente mediante procesos biotecnológicos, como el caso de antibióticos, ácidos orgánicos, aminoácidos, enzimas, polímeros y vitaminas, los cuales 0.2 billones \$/año son generados por polímeros, teniendo el dextrano hasta el año 2002 una producción en el mercado mundial de 200 toneladas por año (Kent y Riegel, 2007).

El proceso biosintético del dextrano es producido por la enzima dextranucrasa DSRE, que cataliza la transferencia de glucosa proveniente de la sacarosa a moléculas aceptoras, principalmente azúcares, para la síntesis de glucooligosacáridos.

En ausencia de aceptores, el principal producto de la reacción es la dextrana, un polímero compuesto por enlaces  $\alpha$ -(1-6) en la cadena principal y con ramificaciones en  $\alpha$ -(1-2),  $\alpha$ -(1-3) y  $\alpha$ -(1-4) (Domínguez et al. 2004).

(Qaner et al. 2001) llegaron a producir con la cepa *Leuconostoc mesenteroides* Pcsir-3 un dextrano distinto al producido por la cepa industrial *Leuconostoc mesenteroides* NRRLB-512F, en un tiempo mínimo de fermentación de 12 horas.

Pinchi y Esparza, (2004) investigaron la producción de dextranos por *Leuconostoc mesenteroides* CCBB - 017 a diversos tiempos de fermentación, reactivando la cepa a 28 °C y pH 7,0 por 24 horas, logrando obtener un inóculo equivalente a 10<sup>9</sup> cel/L.

Después de iniciado el proceso fermentativo en tanque aireado y agitado a 22 °C +/- 1, 100 g/L de sacarosa, pH 7,0, 0,5 vvm y 600 rpm; deteniéndose la producción en cada uno de los biorreactores a 5, 10, 15, 20, 30, 40 y 50 horas de fermentación, se obtuvo luego de precipitar con etanol (96°) y 2 mL KCl producciones de dextrano de 3,86 g/L en 5 h; 8.43 g/L en 10 h; 13.94 g/L en 15 h; 18.18 g/L en 20 h; 22.05 g/L en 30 h; 23.18 g/L en 40 h y 24.63 g/L en 50 h respectivamente.

El presente trabajo de investigación presentó los siguientes objetivos: aislar e identificar una cepa de *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* a partir del jugo de caña de azúcar y determinar el efecto de la concentración de inóculo y tiempo de fermentación en la producción de dextranos por *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Métodos

#### Variables en estudio:

Variables independientes	Niveles
A = Concentración de inóculo (%)	5, 10, 15
B = Tiempo de fermentación (horas)	24, 36, 72

#### **Variable dependiente**

C = Producción de dextranos (g/L)

## Diseño Experimental

Se aplicó el Diseño Factorial 3x3 para estimar las diferencias significativas del efecto de las variables sobre la producción de dextranos para lo cual se efectuó 09 ensayos con 03 repeticiones (Tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 1. Diseño experimental verdadero (Diseño factorial 3x3)

Variables		Tiempo (h)		
		B1	B2	B3
Concentración	A1	A1 B1	A1 B2	A1 B3
Inóculo	A2	A2 B1	A2 B2	A2 B3
(%)	A3	A3 B1	A3 B2	A3 B3

Ai,Bi: concentración de inóculo versus tiempo de fermentación.

Tabla 2. Diseño de las variables establecidas y ensayadas

Variables	24 h	36 h	72 h
5%	5% 24 h	5% 36 h	5% 72 h
10%	10% 24 h	10% 36 h	10% 72 h
15%	15% 24 h	15% 36 h	15% 72 h

## Evaluación de la Producción de Dextranos

### A. Fase Pre Fermentativa

#### Aislamiento e identificación de *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides*.

Se tomó una alícuota de 1 mL de jugo de caña de azúcar y se procedió a realizar diluciones en tubos que contenían 9 mL de solución salina fisiológica hasta llegar a  $10^{-2}$ , para luego tomar de la última dilución 0,1 mL y sembrarlo por duplicado mediante la técnica de agotamiento y estría en agar hipersacarosado en placas de Petri. Las placas fueron incubadas a 28 °C durante 48 horas. (Tabla 1 y Tabla 2).

Se seleccionó la colonia que presentó mayor diámetro de goma incolora y características macroscópicas como tamaño de colonia, forma puntiforme, aspecto opaco y elevación convexa. Después se repicó en viales conteniendo agar hipersacarosado modificado e incubados a 28 °C por 48 horas y conservados en refrigeración. (Tabla 1 y Tabla 2).

*Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* fue identificada en función de las características morfológicas y fisiológicas, como prueba de la catalasa, formación de ácidos a partir de carbohidratos (glucosa, fructosa, sucrosa, arabinosa y trehalosa) y formación de dextranos a partir de sacarosa (Holt et al. 1994).



Los biorreactores tipo tanque aireado agitado, estuvieron constituidos por frascos de vidrio de un litro de capacidad cuyo extremo superior estuvo cubierto por una tapa de goma hermética que presentó dos orificios. A través del primero de ellos se ingresó una cánula de plástico taponada en su extremo exterior con algodón para permitir la salida de gases y a través del segundo de los orificios se ingresó un difusor de aire generado por una bomba Élite 803 de 4,0 watts (0,5 vvm) y esterilizado por un sistema de burbujeo en solución de cloruro de sodio al 20 %. (Villanueva y Carreño, 2005).

El cultivo puro de *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* fue reactivada en una placa de petri con agar hipersacarosado a 28 °C durante 24 horas y del crecimiento obtenido se sembró en otra placa de petri con agar hipersacarosado modificado mediante la técnica de agotamiento y estría.

De la biomasa obtenida se obtuvo una colonia característica para obtener una suspensión de células en solución salina fisiológica estéril y se inoculó 3 mL en un matraz conteniendo 30 mL de caldo hipersacarosado modificado.

El matraz fue incubado en agitación constante a 28 °C durante 12 horas para luego llevar el contenido a un matraz con 300 mL de caldo hipersacarosado modificado. Enseguida fue incubado a 28 °C durante 12 horas, para luego determinar la concentración celular con la ayuda de la cámara de Neubauer y estandarizar a  $1,6 \times 10^8$  cel/mL en volúmenes de 5 %, 10 % y 15 % constituyendo cada uno los inóculos definitivos.

## **B. Fase Fermentativa**

A los nueve biorreactores tipo tanque aireado agitado de 1 L de capacidad se le agregó 250 mL de caldo hipersacarosado, a razón de tres biorreactores por sistema a ensayar. Luego se inoculó la concentración celular estandarizada ( $1,6 \times 10^8$  cel/mL) en volúmenes de 5 %, 10 % y 15 %, se homogenizó y se incubaron a 28 °C durante los tiempos de fermentación diseñados 24 h, 36 h y 72 h.

## **C. Fase Post Fermentativa**

En frascos de vidrio de 500 mL de capacidad se colocó 100 mL de caldo hipersacarosado fermentado y se añadió 9 mL de cloruro de sodio al 2% y 200 mL de isopropanol de 90° y 3 mL de etanol absoluto. Después de un reposo de 30 minutos el material fue centrifugado a 8000 rpm durante 15 minutos y el sedimento se colocó sobre papel aluminio y llevado a la estufa a 50 °C durante 48 horas y así obtener el dextrano seco. Luego se pesó en una balanza analítica y se determinó el peso seco respectivo.

## **RESULTADOS**

### **Producción de dextranos por efecto de la concentración de inóculo y tiempo de fermentación por *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides*.**

En la **Tabla 3** se presentan los valores obtenidos de la producción de dextranos expresados en promedios de peso seco de los 09 tratamientos con sus repeticiones, teniendo a la concentración de inóculo 5 % y tiempos de fermentación de 36 h y 72 h como los más elevados con 30,73 g/L y 29,80 g/L. Asimismo los valores de concentración de inóculo 10 % y tiempo de fermentación 24 h como los de menor rendimiento con 14,27 g/L respectivamente.

Tabla 3. Producción de dextranos: peso seco, por efecto de la concentración de inóculo y tiempo de fermentación.

Concentración de inóculo (%)	Tiempo (h)	Peso seco (g/L)	Promedio Peso seco (g/L)
5	24	13,68	
5	24	15,16	14,57
5	24	14,83	
5	36	35,08	
5	36	25,87	30,73
5	36	31,22	
5	72	30,09	
5	72	29,18	29,80
5	72	30,15	
10	24	12,92	
10	24	14,65	14,27
10	24	15,24	
10	36	20,31	
10	36	17,85	18,88
10	36	18,49	
10	72	29,00	
10	72	24,97	25,84
10	72	23,56	
15	24	19,17	
15	24	18,59	18,45
15	24	17,58	
15	36	18,58	
15	36	15,56	16,03
15	36	13,96	
15	72	19,17	
15	72	16,31	17,50
15	72	17,03	

En la Figura 1, se observa los valores de concentración de inóculo (5%, 10% y 15%) y tiempos de fermentación (24h, 36h y 72h), correlacionados con la producción de dextranos en función de concentración (g/L), manifestando que la mayor concentración de dextranos se obtiene con una concentración de inóculo de 5% y el mejor tiempo de fermentación es de 36h y 72h, obteniendo concentraciones máximas de dextranos de 30,73 g/L,.

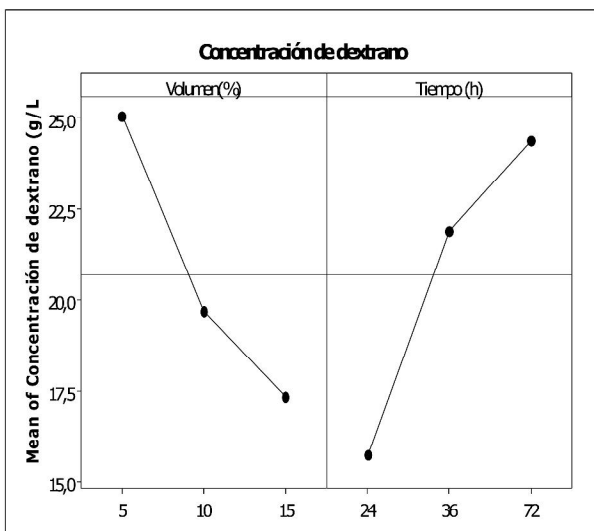


Figura 1. Valores de concentración de inóculo (volumen %) y tiempo de fermentación (h) encontrados para la producción de dextrano (concentración).

En la Figura 2, los valores encontrados entre las interacciones de concentración de inóculo (5%,

10% y 15%) y tiempos de fermentación (24h, 36h y 72h) para la producción de dextranos (g/L), manifiesta que con una concentración de inóculo de 5% y un tiempo de fermentación de 36h, se obtiene una concentración de dextranos máxima de 30,73 g/L. Lo cual constituye que las variables independientes como concentración de inóculo y tiempos de fermentación tienen una significación directa en la producción del biopolímero dextrano.

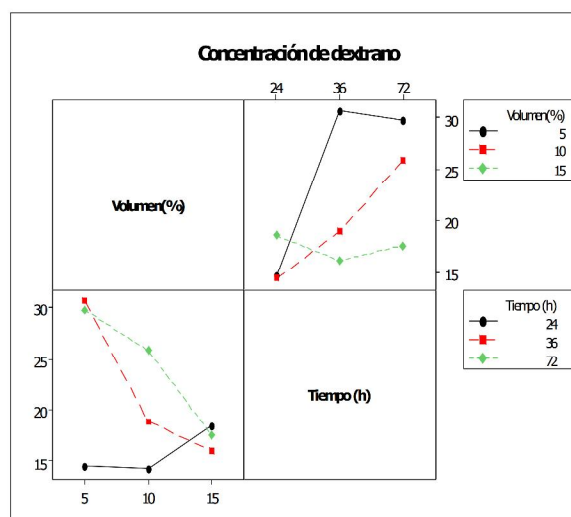


Figura 2. Valores encontrados entre las interacciones de concentración de inóculo (volumen %) y tiempos de fermentación (h) para la producción de dextranos (concentración).

En la Tabla 4 se presentan los valores de rendimiento de dextrano expresado en concentración de dextrano (g/L), productividad (g/L.h) y conversión de dextrano (%) teniendo los siguientes resultados:

La concentración de dextrano máxima (g/L) que se obtuvo a la concentración de inóculo 5 % y tiempo de fermentación de 36 h fue de 30,730 g/L y 14,272 g/L como el valor mínimo a una concentración de inóculo de 10 %, 24 h de fermentación.

La productividad fue de 0,853 g/L.h como el valor más elevado correspondiente a la variable 5 %, 36 h y el valor más bajo fue de 0,243 g/L.h a 15 % y 72 h; la conversión de sustrato fue de 30,730 % como el valor más elevado correspondiendo a 5 %, 36 h y 14,272 % como la conversión más baja con 10 % de inóculo y 24 h de fermentación.

Tabla 4. Rendimiento promedio de dextrano: concentración de dextrano, productividad y conversión de sustrato por efecto de la concentración de inóculo y tiempo de fermentación.

Rendimiento Promedio				
Concentración de inóculo (%)	Tiempo (h)	Concentración de dextrano (g/L)	Productividad (g/L.h)	Conversión de sustrato (%)
5	24	14,559	0,606	14,559
5	36	30,730	0,853	30,730
5	72	29,808	0,414	29,808
10	24	14,272	0,594	14,272
10	36	18,887	0,524	18,887
10	72	25,849	0,359	25,849
15	24	18,451	0,768	18,451
15	36	16,039	0,445	16,039
15	72	17,508	0,243	17,508

#### Evaluación de la producción de dextranos por efecto de la concentración de inóculo y tiempo de fermentación.

La prueba de “F” del análisis de varianza para el factorial 3x3 evidenció significación para los tratamientos, concentración de inóculo (A), tiempo de fermentación (B) e interacción AxB. La significación demuestra que existe efecto de las variables estudiadas en la producción de dextrano a partir de *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de varianza de los valores de concentración de dextrano por efecto de la concentración de inóculo y tiempo de fermentación.

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	P
<b>Tipo III</b>					
Modelo	12533.220	9	1392,580	300,555	0,000
Concentración de inóculo (A)	280,529	2	140,26	30,273	0,000
Tiempo (B)	354,605	2	177,303	38,267	0,000
AxB	352,897	4	88,224	19,041	0,000
Error	83,400	18	4,633		
S= 2,15252 R-Sq(adj)= 88,76 %					



La prueba discriminatoria de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para concentración de dextrano evidencia que la interacción concentración de inóculo con tiempo de fermentación 10 %, 72 h; 5 %, 72 h y 5 %, 36h presenta diferencias estadísticas referentes a los demás tratamientos (Tabla 6).

Tabla 6. Prueba discriminatoria de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) de la concentración de dextrano por efecto de la interacción concentración de inóculo con tiempo de fermentación.

Tratamientos	N	Subconjuntos	
		1	2
10%-24h	3	14,272667	
5%-24h	3	14,559667	
15%-36h	3	16,039000	
15%-72h	3	17,508333	
15%-24h	3	18,451667	
10%-36h	3	18,887333	
10%-72h	3		25,849000
5%-72h	3		29,808667
5%-36h	3		30,730000
Significación		0,242	0,189

## DISCUSIÓN

En el Perú, dextrano o dextran es empleado en la industria farmacéutica, minera y especialmente en la alimentaria, como espesante o gelificante, mejorando sus caracteres organolépticos y estructurales (Mata, 2006). Como consecuencia de la actividad fermentativa de los microorganismos, como *Streptococcus*, *Acetobacter*, *Leuconostoc* y algunas cepas de hongos como *Penicillium aculeatum* (Erhardt et al. 2008) la producción de dextranos se proyecta a ser uno de los biopolímeros con mayor aplicación en beneficio de la industria.

Varias metodologías y técnicas han sido diseñadas, teniendo como factores determinantes

a la temperatura, pH, tiempos de fermentación y muy sensiblemente el diseño y formulación del medio de cultivo (Hamdy et al. 1954). En el presente trabajo, la sacarosa en un 10 % sirvió como sustrato para la producción del dextrano, además de extracto de levadura 5 g, triptona 10 g, citrato sódico 1 g, glucosa 5 g, gelatina 2,5 g, agar-agar 15 g y agua destilada 1000 mL, lo cual permite comparar con los medios de cultivo utilizados por (Qader et al. 2006) que agregó una fuente de nitrógeno suplida con diferentes sales minerales, teniendo a *Leuconostoc mesenteroides* PCSI-4 como la de mayor producción con 65 g/L durante 49 h.



(Rodríguez y Hanssen, 2007) utilizó residuos agroindustriales como cáscara de naranja, piña y cachaza de caña papelera como sustratos, teniendo a las cáscaras de naranja como la de mejor producción con 3,4 g/L conteniendo en su medio entre 2 % - 5 % de sacarosa.

(Behravan et al. 2003) del centro de investigación biotecnológica de Irán realizó una investigación sobre la producción de dextrano a partir de fuentes económicas del país, como melazas de remolacha azucarera y extracto de salvado de trigo, logrando una concentración de 9,44 g/L de dextrano y (Lopretti, 2002) realizó un proyecto sobre la valorización de residuos para la generación de productos de alto valor agregado, entre ellos los polisacáridos, utilizando agua de coco, jugo de cáscaras de piña, naranja, mandarina, uvas, entre otros, con concentraciones entre 2,5 g/L y 8 g/L de dextrano.

La producción de dextranos expresado como concentración de dextrano (g/L), productividad de dextrano (g/L.h) y conversión de sustrato (%) en el presente trabajo, ha permitido evaluar los factores de concentración de inóculo, presentado volúmenes al 5 %, 10 % y 15 % y tiempos de fermentación de 24 h, 36 h y 72 h, llegando a obtener resultados muy buenos que permitirán optimizar la obtención de este biopolímero, ya que mejorando estas variables podría representar una disminución en los costos de consecución de materia prima para los bioprocesos de obtención de dextranos.

Se utilizó a *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* aislada del jugo de la caña de azúcar de la empresa Azucarera Agroindustrial Pomalca, para ser cultivado en agar hipersacarosado en un biorreactor aireado agitado con un volumen de 250 mL. La concentración de dextrano (g/L) tuvo como valor máximo un 30,730 g/L a partir de la interacción entre 5 % y 36 h y como valor mínimo un 14,272 g/L correspondiendo a 10 % y 24 h respectivamente, mejorando el trabajo realizado por (Pinchi y Esparza, 2004) que obtuvo dextranos de *Leuconostoc mesenteroides* CCBT-017 a diferentes tiempos de

fermentación usando biorreactores tipo tanque aireado agitado e inóculo de  $10^9$  cel/mL concentraciones de 3,86 g/L en 5 h; 8,43 g/L en 10 h; 13,94 g/L en 15 h; 18,18 g/L en 20 h; 22,05 g/L en 30 h; 23,18 g/L en 40 h y 24,63 g/L a 50 h.

Asimismo se aproxima a los resultados que obtuvieron (Qader et al. 2006) con una producción de dextranos entre 36 g/L y 44 g/L durante un tiempos de 18 h a 48 h a partir de *Leuconostoc mesenteroides* PCSIR-4. Sin embargo, existen cepas de *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* que han producido concentraciones elevadas de hasta 70 g/L durante 18 h con sustratos de sacarosa de 200 g/L (Landon et al. 1993) y (Vedyashkina et al. 2004) optimizaron la producción de dextrano suplementando su medio de cultivo con 17,5 % de sacarosa, pH inicial de 6,75 y melaza, obteniendo concentraciones entre 54 g/L y 55 g/L de dextrano.

Muy cercanos a estos datos y como una fuente alternativa a la producción de dextranos esta la utilización de micelios de *Penicillium aculeatum* que produce rendimientos de 20 g/L en un máximo de 72 h (Erhardt et al. 2008). Los tiempos de fermentación (h) aplicados para la producción de dextrano en el presente trabajo, 24 h, 36 h y 72 h, enfrentados a los concentraciones de inóculo (%) concuerdan con los ensayados por (Qader et al. 2006) en la cual menciona que las concentraciones de inóculos bajas necesitan pasar por una fase de latencia que sintetice sus estructuras básicas y entrar a la fase logarítmica de rápido crecimiento en biomasa y formación de productos a finales de la misma (dextranos), teniendo como consecuencia de la autólisis de las células por efecto de endoenzimas secretadas al medio de cultivo.

Finalmente, el trabajo realizado tubo como concentración de inóculo (%) y tiempos de fermentación (h) óptimos para la producción de dextranos a 5 % y 36 h, respectivamente, permitiendo manejar variables de concentración de dextrano (g/L), productividad (g/L.h) y conversión de sustrato (%) en forma eficaz y eficiente.

## CONCLUSIONES

- Se aisló un cultivo puro de *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* a partir de jugo de caña de azúcar de la Cooperativa Agroindustrial Azucarera Pomalca, Región Lambayeque.
- Con la concentración de inóculo 5% y tiempos de fermentación de 36 h utilizando *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides* se obtuvo una producción máxima de dextranos de 30,730 g/L; una productividad de 0,853 g/L.h y una conversión de sustrato de 30,730 %.
- La prueba F del análisis de varianza (ANAVA) y prueba discriminadora de TUKEY, determinaron que existe diferencias significativas y estadísticas para los tratamientos ensayados entre concentración de inóculo (%) y tiempos de fermentación (h).
- El efecto de la concentración de inóculo (%), tiempos de fermentación (h), demostró que es posible obtener dextranos de interés para la industria alimentaria a partir del jugo de caña de azúcar.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Jaén por su interés en publicar los trabajos de investigación de sus docentes y a mi familia por su apoyo constante y sincero.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Behravan J, B. Sedigheh, S. Zohreh. 2003. Optimization production by *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B-512 using cheap and local sources of carbohydrate and nitrogen. *Biotechnol Appl. Biochem* 38:267-269.
- Domínguez L, G. Michelena, E. Carrera. 2004. Biorreactor de dextranucrasa inmovilizada para la obtención de dextranas de bajo peso molecular. Vol. 21, Nº 01. Departamento de Bioingeniería, Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Centro de Ingeniería de Procesos. Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (ISPJAE). Ciudad de la Habana, Cuba. *Biología Aplicada*.
- Erhardt F, S. Stammen, H. Jordening. 2008. Production, characterization and coimmobilization of dextranase from *Penicillium aculeatum*. *Biotechnol Lett.* Department for Carbohydrate Technology, Institute for Technical Chemistry, Technical University Braunschweig, Germany.
- Hamdy M, E. Gardner, G. Stahly, H. Weiser, Q. Van Winkle. 1954. Factors affecting production and clarification of dextran. *Departments of Bacteriology and Chemistry. The Ohio Journal of Science.* the Ohio State University, Columbus 10. 54(5): 317.
- Holt J, N. Krieng, N. Sneath, P. Staley, J. Williams. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. 9<sup>th</sup>. Editorial Williams Wilkins. USA.
- Kent J, H. Riegel's. 2007. *Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology*. Springer. 11<sup>th</sup>. Chapter 30.
- Landon R, R. Law, C. Webb. 1993. Fermentation broth rheology during dextran production by *Leuconostoc mesenteroides* BS12(F) as a possible tool for control. Department of Chemical Engineering. University of Manchester Institute of Science and Technology, P.O. *Appl Microbiol Biotechnol.* Manchester. 40:251-257.

- Mata J. 2006. Caracterización de los exopolisacáridos producidos por microorganismos halófilos pertenecientes a los géneros *Halomonas*, *Alteromonas*, *Idiomarinas*, *Palleronia* y *Salipiger*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Facultad de Farmacia. Departamento de Microbiología.
- Pinchi M, M. Esparza. 2004. Producción de dextranos por *Leuconostoc mesenteroides* a diferentes tiempos de fermentación usando biorreactores tipo tanque aireado y agitado. Centro de Investigación y Asesoramiento en Biotecnología CIABT – Trujillo. Segunda Semana de Ciencia y Tecnología. Chota-Perú.
- Qaner S, L. Iqbal, L. Rizvi, H. Zuberi. 2001. Producción de dextrano a partir de una Tensión con sacarosa por *Leuconostoc mesenteroides* PCSIR – 3 Referente a *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B – 512 F. Sección de Biotecnología y Bioquímica. Pharma y Centro Químico de Investigación Multa, P.C.S.I.R. Complejo de Laboratorios, Karachi. Pakistán. 34: 93–97.
- Qader S, L. Iqbal, A. Aman, E. Shireen, A. Azhar. 2006. Production of Dextran by Newly Isolated Strains of *Leuconostoc mesenteroides* PCSIR-4 and PCSIR-9. Turkish Journal of Biochemistry - Turk J Biochem. Karachi Pakistan. 31 (1); 21–26.
- Rodríguez O, H. Hanssen. 2007. Obtención de dextrano y fructosa, utilizando residuos agroindustriales con la cepa *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B512-F. Revista EIA, ISSN 1794-1237. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín. Colombia. Número 7.
- Villanueva C. y C. Carreño. 2005. Manual de Prácticas de Microbiología Industrial. Departamento de Microbiología. Área de Biotecnología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque. Perú.

**Correspondencia:**

Juan Miguel Velásquez Caro  
Calle: Toparpa N°125 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque - Perú  
mivelcar@hotmail.com