

ESTUDIO DEL EFECTO DE MEZCLAS GELANA-MALTODEXTRINA EN LA MICROENCAPSULACIÓN DE *LACTOBACILLUS DELBRUECKII* SSP. *BULGARICUS* EMPLEANDO SECADO POR ASPERSIÓN

Jorge Yáñez*, José Vargas y María Fernández

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología. Departamento de Bioingeniería.
Av. Acueducto s/n, Col. Barrio la Laguna, Ticomán, CP 07 340, Delegación Gustavo A.
Madero, México D.F.

E-mail: bioing_upibi@yahoo.com.mx; jyanezfe@ipn.mx

RESUMEN

Bacterias lácticas de *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* fueron sometidas a un proceso de secado por aspersión, empleando mezclas de maltodextrina (M) y goma gelana (G) a concentraciones de 0,5-0,5; 0,75-0,25 y 0,25-0,75 %. Las microcápsulas preparadas a partir de dispersiones de GM 0,50-0,50 % mostraron el mayor diámetro (17,3 μ m) y las de menor diámetro (8,04 μ m) tienen una proporción GM 0,25-0,75 %, respectivamente. Con respecto a la funcionalidad las bacterias microencapsuladas a partir de dispersiones GM: 0,50-0,50 % permitieron tiempos de fermentación (15 h) muy cercanos a los obtenidos en bacterias libres. Las bacterias microencapsuladas en la mezcla GM 0,25-0,75 tuvieron tiempos de fermentación hasta de 25 h.

Palabras clave: microencapsulación, bacterias lácticas, goma gelana.

ABSTRACT

Oven microencapsulation of *lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* using spray drying gellan-maltodextrin mixtures

The microcapsules were prepared at concentrations of gellan (G) and maltodextrin (M) 0.5-0.5%, 0.75-0.25% and 0.25-0.75% (w/w) in deionized water. The microcapsules prepared from dispersions GM 0.50-0.50% showed the most largest diameter (17.3 μ m) and the GM 0.25-0.75% showed the most smaller diameter (8.04 μ m). The microcapsules obtained with the GM 0.50-0.0% allowed fermentation times (15 h) very closed to non-microencapsulated bacteria system and microcapsules obtained with the GM 0.25-0.75 allowed fermentation times of 25 h.

Key words: microencapsulation, lactic bacteria, gellan gum.

INTRODUCCIÓN

Las biopelículas y paredes protectoras hechas de biopolímeros como polisacáridos, proteínas y lípidos, tienen beneficios potenciales como protección y conservación de alimentos durante su almacenaje (1). Polímeros como almidón y goma arábiga han sido empleados y estudiados ampliamente como paredes protectoras en los sistemas de microencapsulación (2), no obstante algunos de ellos tienen la desventaja de no formar redes suficientemente compactas y firmes como para conservar los materiales atrapados. Dentro de los métodos de microencapsulación el de secado por aspersión es uno de los más ampliamente utilizados para

***Jorge Yáñez Fernández:** Licenciado en Ingeniería Bioquímica (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, 1992). Máster en Ciencias en la especialidad de Ingeniería de Alimentos (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, 1997). Ha trabajado en industria de bebidas no gaseosas como Jefe de producción en Envasadora COME, S.A., Profesor-Investigador del Departamento de Desarrollo Tecnológico del CeProBi-IPN, Profesor Titular de la UPIBI-IPN. Ha presentado varios trabajos en congresos nacionales e internacionales y tiene artículos publicados en revistas nacionales e internacionales.

encapsular ingredientes alimenticios y es el más económico (2,3). Este proceso es de deshidratación, pero se considera también de encapsulación porque dentro de una matriz polimérica (material pared) puede incorporar materiales al eliminar el agua en la que se encuentra dispersa la matriz polimérica. Por otro lado, se ha reportado que la interacción de biopolímeros diferentes en los procesos de microencapsulación puede tener un efecto sinérgico respecto a la capacidad de encapsulación (3). Dentro de los procesos de encapsulación se han empleado diferentes materiales, sin embargo, otros como la gelatina no se encuentran estudiados ampliamente, de forma particular durante un proceso de aspersión, de esta manera la presente investigación pretende estudiar el comportamiento de la goma gelatina y un encapsulante comercial como la maltodextrina durante un proceso de encapsulamiento, empleando secado por aspersión en bacterias lácticas del tipo *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La microencapsulación se realizó empleando dispersiones de gelatina de bajo acido de Kelcogel®, México D.F., proporcionada por Grupo DERMET, S.A. de C.V. y maltodextrina M100 con un valor de dextrosa equivalente (DE) a 11,50 %, proporcionada por Productora de Jugos de Concentrados S.A. de C.V. (México D.F.). Las dispersiones fueron preparadas por adición del respectivo polímero en agua desionizada a 90 °C con agitación constante hasta su total disolución. La Tabla 1 muestra que las dispersiones fueron preparadas como mezclas de gelatina y maltodextrina en distintas proporciones para una concentración final de 1 % (m/v).

Las dispersiones de biopolímeros empleadas para el proceso de microencapsulación fueron evaluadas respecto a comportamiento al flujo a 25 °C, empleando un viscosímetro Haake modelo RV20, con un sistema de cilindros coaxiales NV 807-0713. Los datos experimentales fueron analizados empleando el modelo de la ley de la potencia [Eq. (1)] (4):

$$\tau = \gamma K^n \quad (1)$$

donde: (Pa) es el esfuerzo de corte, (s⁻¹) la velocidad de cizalla y K el coeficiente de consistencia y el índice de comportamiento.

Para el proceso de microencapsulación se empleó un secador por aspersión de laboratorio con longitud de cámara de 40,9 cm y diámetro de 20 cm y boquilla neumática. Las dispersiones de biopolímeros preparadas inoculadas con 8,4 x 10¹⁵ UFC/mL se alimentaron al secador con diferentes velocidades de flujo y un barrido de temperaturas de 110 a 160 °C; las presiones de aspersión fueron de 68,94 kPa (10 psi) y 103,42 kPa (15 psi), con un flujo de aire de secado constante de 132,3 m³/h.

La funcionalidad de las bacterias libres y microencapsuladas se evaluó dando seguimiento a su capacidad fermentativa a través de la modificación del pH a 37 °C. Como medio de fermentación se utilizó leche esterilizada (121 °C, 15 min), desengrasada y reconstituida a 12 % de sólidos. Las bacterias lácticas libres y microcápsulas se dispersaron por separado en solución salina estéril a 0,9 % (m/m) y fueron adicionadas directamente a la leche. El inóculo empleado durante cada una de las cinéticas de fermentación fue de 1 mL de suspensión bacteriana (equivalente para las bacterias libres a 8,4 x 10¹⁵ UFC/mL). La cinética de pH se siguió hasta un valor de 4.5.

Los diámetros de las microcápsulas fueron determinados en un microscopio electrónico de barrido JSM-5 8000 LV (JOEL, Alemania), a partir de las micrografías de los campos de observación a 15 KV y amplitud de 2000 x.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento reológico fue determinado en las dispersiones con mezclas de gelatina a 0,25 y 0,75 % de maltodextrina, así como para gelatina a 0,75 y 0,25 % de maltodextrina. La Fig. 1 muestra que en el reograma correspondiente a las dispersiones evaluadas se observó un comportamiento lineal de la velocidad de deformación y el esfuerzo aplicado en la dispersión preparada con la mezcla A, sin embargo, cuando la relación de concentraciones cambia al incrementar la concentración de gelatina respecto a la de maltodextrina como en la dispersión C, la velocidad de corte incrementa con una tendencia exponencial al incrementar la velocidad de cizalla, presentando un comportamiento de fluido no newtoniano *shear-thinning*, semejante al presentado

Tabla 1. Concentraciones de las mezclas (GM) empleadas para microencapsulación

Mezcla	Gelana (%)	Maltodextrina (%)
A	0,25	0,75
B	0,50	0,50
C	0,75	0,25

en sistemas poliméricos (1). Debido a que las gomas pueden interactuar con otros ingredientes y con otras gomas es común que existan cambios en sus propiedades reológicas (5,6), así el comportamiento de la goma gelana en la mezcla puede explicarse debido a su estructura, la cual es capaz de formar entrecruzamiento de cadenas que actúan como redes de atropamiento (7). Un comportamiento similar al obtenido ha sido observado cuando la gelana se mezcla con otras gomas (8).

La Tabla 2 muestra que la viscosidad aparente de la mezcla con gelana a 0,25 % (A) es menor que la mezcla que contiene gelana a 0,75 % (C), observándose un incremento en el valor viscosidad de 1 094,7 %. Este comportamiento muestra la fuerte influencia de la gelana respecto a la viscosidad aparente, donde probablemente las interacciones de las cadenas poliméricas que forman la gelana se ven potencializadas al incrementar su concentración (8).

El modelo de la ley de la potencia fue empleado para obtener los parámetros reológicos de las dispersiones A y C, obteniéndose los valores promedios (Tabla 2).

Los valores del índice de comportamiento al flujo de las mezclas fueron menores a la unidad (0,919-0,6587), lo que indica un comportamiento de adelgazamiento *shear-thinning* referido a un comportamiento pseudopástico (4). La Tabla 2 muestra el comportamiento del coeficiente de consistencia (K), el cual presenta un incremento en su valor con un incremento en la concentración de gelana en la mezcla. Los valores de coeficiente de consistencia dependen del peso molecular del biopolímero y de su composición, por lo que en su estudio en mezclas suelen existir diferencias (9).

Las condiciones de operación del secador por aspersión que permitieron realizar la operación de microencapsulación fueron: flujo de alimentación $44,52 \times 10^{-5}$ (m³/s), velocidad de aire de secado 5,02 (m/s), presión de aspersión de 103,42 kPa y temperatura de entrada 160 °C, estos parámetros proporcionaron los mejores rendimientos para el proceso de microencapsulación.

La Tabla 3 muestra los rendimientos de recuperación obtenidos para las mezclas. Los rendimientos de recuperación no mostraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) por efecto de los cambios de concentración. Las microcápsulas obtenidas con las tres mezclas de gelana-maltodextrina, mostraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) respecto a su diámetro al cambiar la concentración de los biopolímeros. La Tabla 4 indica que las microcápsulas obtenidas de la dispersión B obtuvieron el mayor diámetro (17,3 μm) y las de menor diámetro fueron las obtenidas de la dispersión de A (8,04 μm).

Las Figs. 2 y 3 reflejan que por otro lado las micrografías obtenidas del microscopio electrónico de barrido, muestran que las microcápsulas conseguidas a partir de la dispersión A, presentan una estructura más esférica con superficies lisas, mientras que las obtenidas con la dispersión C, presentan superficies rugosas y una estructura no uniforme. Estos resultados se podrían correlacionar de manera preliminar con la viscosidad de las microcápsulas, debido a que las que presentaron menor viscosidad son las de estructura más uniforme y menos rugosa, lo que indica que el esfuerzo de corte al momento de atravesar la boquilla fue suficiente como para formar una microgota uniforme. Algunos autores (10,11) han demostrado que el tamaño de las microcápsulas depende de las propiedades viscoelásticas de los materiales empleados para encapsular, así como de su concentración.

La Fig. 4 muestra que el comportamiento de la actividad de las bacterias microencapsuladas se analizó como el descenso de pH durante el proceso de fermentación. El mismo indica de forma preliminar que las bacterias microencapsuladas tienen actividad debido a que existe consumo de sustrato. Las bacterias microencapsuladas presentan un retraso en el tiempo de disminución de pH, respecto a las bacterias libres (no microencapsuladas). Las bacterias microencapsuladas con la dispersión B, muestran aparentemente un efecto más positivo respecto a la actividad de las bacterias libres, mientras que las bacterias

microcapsuladas en la dispersión A, presentan mayor retraso en la disminución de pH respecto a las bacterias libres. Este fenómeno pudiera ser debido al estrés a que fueron sometidas las bacterias durante el proceso de deshidratación, en comparación con las bacterias libres, las cuales no sufrieron ningún tratamiento

de deshidratación. Un fenómeno semejante ha sido observado en bifidobacterias encapsuladas en k-carragenina, donde las bacterias encapsuladas disminuyen su actividad metabólica respecto a las que no fueron encapsuladas (12).

Tabla 2. Viscosidad aparente, índice consistencia y comportamiento de las dispersiones de las mezclas gelana-maltodextrina

Mezclas	η (Pa.s)	n	K (Pa.s ⁿ)
A	0,0517	0,919	0,0071
C	0,5660	0,658	0,1944

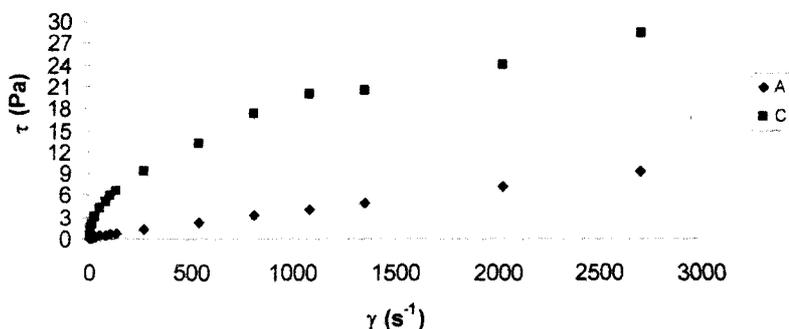


Fig. 1. Reograma de comportamiento al flujo de la mezcla gelana-maltodextrina. A: gelana 0,25 % - maltodextrina 0,75 % y C: gelana 0,75 %-maltodextrina 0,25 %.

Tabla 3. Rendimientos de recuperación de microcápsulas durante el proceso de secado por aspersión de las mezclas gelana-maltodextrina

Mezclas de polímero microencapsulante	Rendimiento (%)	S
A	28,25	0,28
B	25,88	0,15
C	27,70	0,28

S: desviación estándar.

Tabla 4. Diámetros de microcápsulas obtenidas con las mezclas Gelana-Maltodextrina

Dispersiones empleadas como material para microencapsular	Diámetro (μm)	s
A	8,04	2,74
B	17,3	8,07
C	10,8	2,94

S: Desviación estándar.

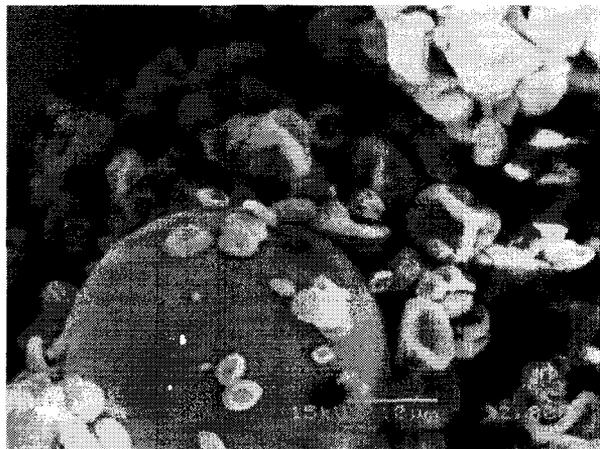
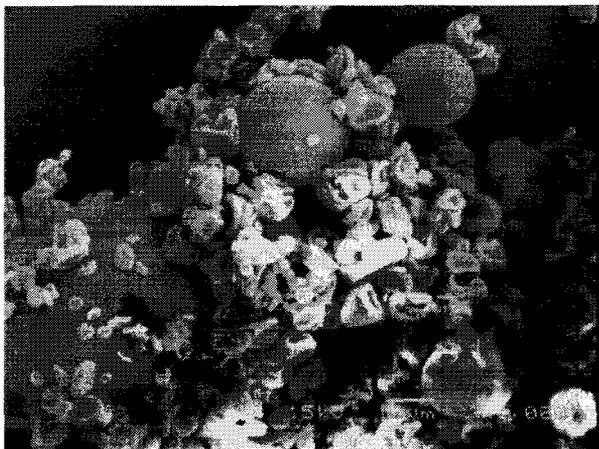


Fig. 2. Micrografías en microscopía electrónica de barrido de microcápsulas obtenidas con la dispersión A.

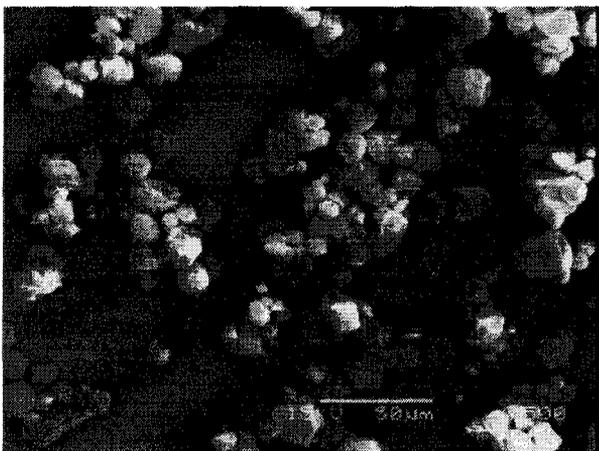


Fig. 3. Micrografías en microscopía electrónica de barrido de microcápsulas obtenidas con la dispersión C.

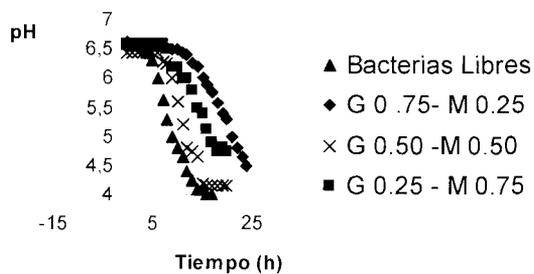


Fig. 4. Disminución del pH durante la fermentación de *Lactobacillus delbrueckii* microencapsulados con mezclas de gelatina y maltodextrina. Dispersión encapsulante A:G 0.25-M 0.75, B:G 0.5 y C:G 0.25-M 0.75.

CONCLUSIONES

Las condiciones de operación que permitieron la microencapsulación de bacterias lácticas empleando secado por aspersión fueron flujo de aire de secado 44, 52 x 10⁻⁵ m³/s, velocidad de aire de 5 m/s, presión de 103,42 kPa y temperatura de operación de 160 °C.

Es posible obtener estructuras esféricas que infieren la formación de microcápsulas empleando mezclas de gelana y maltodextrina. El proceso de microencapsulación empleando mezclas de maltodextrina y goma gelana permiten mantener viables y funcionales bacterias lácticas del tipo *Lactobacillus delbrückii ssp. bulgaricus*.

REFERENCIAS

1. Groboillot, A.; Boadi, D.; Poncelet, D. y Neufeld, J. *Critical Reviews in Biotechnology* 14(2): 75-107, 1994.
2. Re, M. I. *Drying Technol* 16(6):1195-1236, 1998.
3. Reineccius, G. Spray-drying of food flavors. En: *Flavor Encapsulation*, G. A. Reineccius y S.J. Risch (eds.). Am. Chem. Soc., Washington, D. C., 1998, pp. 55-66.
4. Steffe, J. Introduction to rheology. En: *Rheological methods in food process engineering*, Steffe J. F. (ed), Freeman Press, East Lansing, 1996, pp. 1-32.
5. Kovacs, P. *Food Technol.* 27: 26-30; 1973.
6. Igoe, R.S. *Food Technol.* 36: 72-74, 1982.
7. Miyoshi, E. y Nishinari, K. *Progress in Colloid and Polymers Science* 114: 68-82, 1999.
8. Yañez-Fernández, J., Salazar Montoya, J. A. y Ramos-Ramirez, Eur. *Food Res. Technol.* 226: 957-966, 2008.
9. Alloncle, M.; Lefebvre, J.; Llamas, G. y Doublier, J. L. *Cereal Chem.* 66 (2): 90-93, 1989.
10. Pedroza-Islas, R.; Vernon-Cater, E. y Durán-Domínguez, C. *Food Reserch International* 32: 367-374, 1999.
11. Shulkin, A. y Stöver, H. J. *Membrane Sci.* 209: 412-432, 2002.
12. Adhikari, K.; Mustapha, I. y Grün, F. L. *J. Dairy Sci.* 83:1946-1951, 2000.