



## Características del Aceite de Semillas de *Cucurbita pepo* L. Microencapsulado mediante Secado por Aspersión con Maltodextrina y Goma Arábica

Orestes Darío LÓPEZ H.\*, Tania MÁRQUEZ C., Orestes MAYO A.,  
Carlos TOLEDO S. & Enma PÉREZ S.

Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos (CIDEM),  
Ave. 26 N° 1605 el Puentes grandes y Boyeros, Plaza. La Habana. Cuba. C.P. 10600

**RESUMEN.** Para elaborar una forma sólida de administración oral a partir del extracto lipídico de las semillas de *Cucurbita pepo* L. usado en el tratamiento de la hiperplasia benigna prostática, la alternativa de la microencapsulación ofrece una solución para modificar su estado físico. Las microcápsulas obtenidas mediante secado por aspersión, empleando maltodextrina y goma arábica como encapsulantes, alcanzándose más de un 80% en cuanto a eficiencia de encapsulación. Se verificó la forma esférica y la ausencia de poros en la superficie de las microcápsulas mediante microscopía de barrido electrónico. Se realizó la determinación de la distribución del tamaño de partículas, siendo el diámetro medio de 34,28  $\mu\text{m}$ . También se determinó el contenido de ácidos grasos y la pérdida por desecación, demostrándose la reproducibilidad de los resultados obtenidos a escalas de laboratorio y banco.

**SUMMARY.** "Characteristics of Microencapsulated *Cucurbita pepo* L. Seeds Oil formed by Spray Drying with Maltodextrin and Arabic Gum". To elaborate an oral solid dosage form from *Cucurbita pepo* L. seeds from lipidic extract used in the treatment of benign prostatic hyperplasia, microencapsulation offers a solution to modify its physical conditions. Microcapsules obtained by spray drying using maltodextrin and arabic gum as encapsulant agent reached over 80% of encapsulation efficiency. The spherical form and the absence of pores on the surface of the microcapsules were verified by scanning electron microscopy. The particle size distribution was 34,28  $\mu\text{m}$  of average diameter. The content of fatty acids and loss on drying was also determined, which proved the reproducibility on the results in laboratory and bank scales.

### INTRODUCCIÓN

Los extractos lipídicos de origen vegetal son ricos en fitoesteroles y ácidos grasos; los mismos han demostrado tener relación con los mecanismos vinculados con la inflamación y la hiperplasia benigna prostática (HBP), también llamada hipertrofia benigna prostática o adenoma prostático<sup>1</sup>. La utilización de bloqueadores  $\alpha$ -adrenérgicos pueden mejorar la micción. Como representante de este caso se encuentra el extracto lipídico de las semillas de *Cucurbita pepo* L. (calabaza)<sup>2,3</sup>.

La microencapsulación es un proceso mediante el cual ciertas sustancias bioactivas son introducidas en una matriz o sistema polimérico matricial con el objetivo de impedir su pérdida, protegerlos de la reacción con otros compuestos

presentes o impedir que sufran reacciones de oxidación. Puede ser considerada como una forma de empaque a escala microscópica, en la que un material en particular puede ser cubierto de manera individual para protegerlo del ambiente<sup>4,7</sup>. Provee un medio de envasar, separar y almacenar materiales a escala microscópica para su liberación posterior bajo condiciones controladas. Dentro de los métodos físicos más utilizados para este proceso, se encuentra el secado por aspersión<sup>8,9</sup>, que es el más ampliamente utilizado para microencapsular ingredientes alimenticios, por ser el más económico. Los encapsulantes o materiales formadores de pared más utilizados para este método son: carbohidratos, gomas, lípidos y proteínas. El tipo de material encapsulante influye en la estabilidad

**PALABRAS CLAVE:** *Cucurbita pepo* L., Microencapsulado, Secado por aspersión, Semillas.

**KEY WORDS:** *Cucurbita pepo* L., Microencapsulated, Seeds, Spray drying.

\* Autor a quien debe dirigirse la correspondencia. E-mail: orestesh@infomed.sld.cu

de la emulsión antes de secar, en el tamaño de las partículas y en las propiedades de flujo <sup>10-16</sup>. El presente trabajo tuvo como objetivo la caracterización del extracto lipídico microencapsulado de *C. pepo* L., en cuanto a eficiencia de encapsulación, distribución de tamaño de partículas, pérdida por desecación, contenido de ácidos grasos y morfología de las partículas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Materiales

Como agentes encapsulantes se emplearon goma arábiga (Roig Farma 0002071) y maltodextrina DE 16 (Roig Farma 0511620). Se encapsuló extracto lipídico de semillas de *C. pepo* L. obtenido mediante extracción etanólica a reflujo durante 30 min en el Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos de Cuba. Para los análisis se empleó éter de petróleo de calidad p.a. (Merck 266K34923686) con un intervalo de ebullición de 60 a 80 °C, metanol Chromasolv (Riedel de Haën 2364M), ácido sulfúrico p.a. (Merck 246K32468931), patrones de linoleato de metilo, oleato de metilo, palmitato de metilo y estearato de metilo (Merck), etanol absoluto p.a. (Merck 245K23456375).

### Preparación de las muestras

Se prepararon disoluciones de goma arábiga y maltodextrina al 37%, se mezclaron empleando un agitador de tipo propela marina que garantizara un flujo turbulento y seguidamente se comenzó a adicionar el extracto lipídico, manteniendo la agitación durante 15 min. Posteriormente se alimentó al secador por aspersión previamente precalentado, empleando una temperatura de entrada de 180 ± 5 °C y una temperatura de salida de 90 ± 5 °C, con un flujo de aire

de secado de 60 m<sup>3</sup>/h y de atomización de 600 L/h. Las experiencias a escala de laboratorio se realizaron en un minispray dryer (Büchi B-191) y a escala de banco se utilizó un secador (Nyro Atomizer Mobile minor). Se prepararon muestras con una carga de 16 y 33% del extracto lipídico. Se evaluaron las muestras del aceite sin microencapsular, preservadas con hidroxitolueno butilado (BHT), empleado como antioxidante al 0,01%, expuestas a la luz y a la temperatura ambiental de Cuba durante 2 años en frascos de polipropileno. También se evaluó la estabilidad de las microcápsulas almacenadas en bolsa de polietileno transparente a la temperatura y humedad ambiental de Cuba durante 6 y 12 meses.

### Determinación del contenido de aceite libre o superficial

La determinación del contenido de aceite libre se realizó por el método de Soxhlet, usando un sistema de extracción Tecator modelo Soxtec HT2, empleando éter de petróleo con intervalo de ebullición de 60 a 80 °C. Se pesó la cápsula de extracción vacía y la muestra en el dedal de celulosa en una balanza analítica Sartorius R 200 D. Se realizó el proceso de extracción a una temperatura de 100 °C, pasando por las etapas de preextracción en solvente caliente, enjuague y recuperación del solvente, posteriormente se secó durante 30 min a 96 °C en un horno Heraeus UT 6060 <sup>17</sup>.

### Cálculo de la eficiencia de encapsulación

La eficiencia de encapsulación se calculó a partir del contenido de aceite total teórico añadido y los datos de la determinación del aceite superficial <sup>12</sup> según la Eq. [1]:

$$\text{Eficiencia de encapsulación (\%)} = [(\% \text{ Total} - \% \text{ Libre}) / \% \text{ Total}] \cdot 100 \text{ [1]}$$

### Determinación de la pérdida por desecación

La determinación de la pérdida por desecación se realizó según la USP 29 <sup>18</sup>. Se pesó la muestra en un pesafiltro de 15 mL con una balanza analítica Sartorius R 200 D y se secó hasta peso constante en un horno Heraeus UT 6060 a 105 °C.

### Determinación del contenido de ácidos grasos

El contenido de ácidos grasos se determinó por cromatografía gaseosa capilar empleando el método descrito en la USP 29 <sup>18</sup> para el extracto

lipofílico de "Saw Palmetto". Se emplearon patrones de linoleato de metilo, oleato de metilo, palmitato de metilo y estearato de metilo proporcionados por Merck de pureza (≥ 99,5%). Las muestras fueron metiladas previamente mediante una reacción de esterificación con metanol Chromasolv (Riedel de Haën Lote-2364M), empleando ácido sulfúrico como catalizador. Las muestras metiladas se inyectaron en un cromatógrafo de gases Chrompack CP 9002 con detector de ionización por llama y procesador de datos Shimadzu CR 9A. Se empleó una columna capilar de sílica fundida CP-Wax de 25 m de largo, 0,32 mm de diámetro interno y 0,1 μm de

espesor de la fase estacionaria. La temperatura del inyector y el detector se mantuvo en 200 °C y la de la columna en 190 °C.

### **Distribución del tamaño de las partículas**

La distribución del tamaño de las partículas se realizó mediante difracción láser, en un analizador de partículas Coulter LS 230, empleando etanol absoluto como dispersante y en un intervalo de 0,375 µm a 2000 µm. Los datos fueron ajustados a un modelo teniendo en cuenta el índice de refracción del etanol, con el software Beckman Coulter Versión 3.29 1989 – 2003.

### **Caracterización morfológica de las partículas**

La forma de las partículas y su superficie fue observada mediante microscopía de barrido electrónica. Las partículas fueron cubiertas con oro y se observaron en un microscopio electrónico con alto vacío JSM – 6060, a 10 kV.

### **Análisis estadístico de los resultados**

Los resultados fueron analizados con el Software STATGRAPHICS Centurión XV Versión 15.2.05, 1982 – 2007.

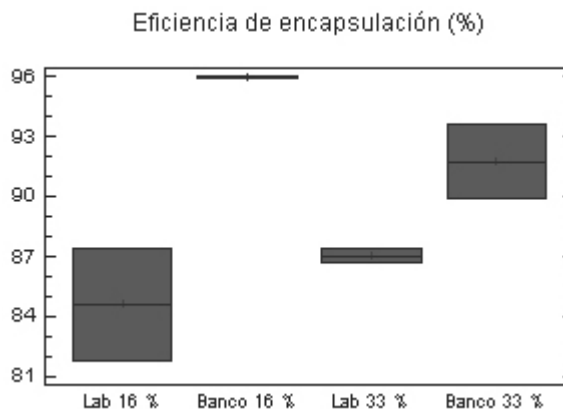
## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Análisis de la Eficiencia de encapsulación**

En la Figura 1 se muestran los resultados de la eficiencia de encapsulación alcanzada a escala de laboratorio, de forma comparativa con la escala de banco. Como se observa en el gráfico de intervalos de confianza, el análisis de varianza realizado, indica que existen diferencias significativas para un 95% de confianza entre los resultados obtenidos en las dos escalas, alcanzándose mayores valores a nivel de banco, siendo superiores al 90% para las dos cargas estudiadas, lo que se explica por el empleo a escala de banco de un atomizador de tipo disco centrífugo que contribuye a disminuir el tamaño de las gotas en la emulsión, lo que trae consigo un incremento de la eficiencia de encapsulación <sup>9</sup>.

### **Análisis de la Pérdida por desecación**

En cuanto a la pérdida por desecación, los resultados obtenidos a escala de banco, para las cargas de 16 y 33%, se obtuvieron valores de



**Figura 1.** Eficiencia de encapsulación comparativa en escalas de laboratorio y de banco.

2,83% y 2,3% respectivamente, encontrándose por debajo del 10% que es el límite establecido para este tipo de material <sup>18</sup>. Como la mayor carga estudiada (33%) también tiene un comportamiento favorable en cuanto a la eficiencia de encapsulación y la pérdida por desecación, se decidió continuar el estudio solamente con la carga del 33% por ser esta desde el punto de vista técnico-económico más favorable para alcanzar la dosis requerida con la menor masa posible.

### **Determinación del contenido de ácidos grasos**

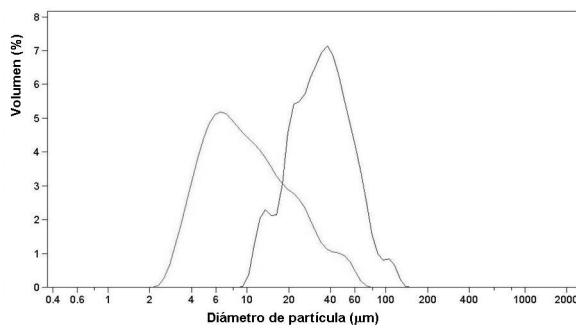
En la Tabla 1 se muestran los resultados del Contenido de ácidos grasos en el producto obtenido a escala de banco con una carga de 33%. Como se observa el componente graso mayoritario es el ácido linoleico, seguido del oleico, el palmítico y el esteárico, lo cual se corresponde con la composición reportada por otros autores <sup>3</sup>. Además se muestra de forma comparativa el contenido de los mismos antes y después del proceso de microencapsulación, no existiendo diferencias significativas para un 95% de confianza, lo que es de esperar por tratarse de un aceite no volátil.

### **Distribución de tamaño de partículas**

En la Figura 2 muestra la determinación comparativa de la distribución del tamaño de partículas del producto obtenido a escala de la-

Acido Graso (%)	Palmítico	Esteárico	Oleico	Linoleico
Sin microencapsular	17,87 ± 0,64	8,13 ± 0,11	29,83 ± 0,26	44,18 ± 0,48
Microencapsulado	19,24 ± 1,78	8,77 ± 0,59	29,25 ± 0,48	41,72 ± 1,85

**Tabla 1.** Contenido de ácidos grasos en las microcápsulas.

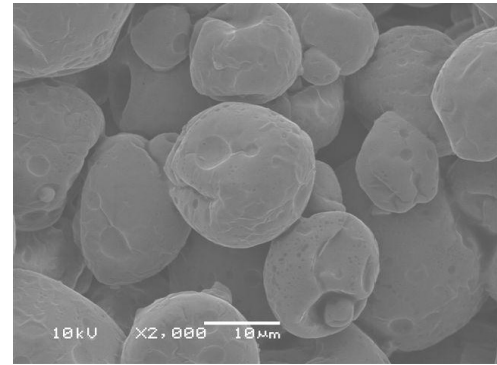


**Figura 2.** Distribución de tamaño de partículas

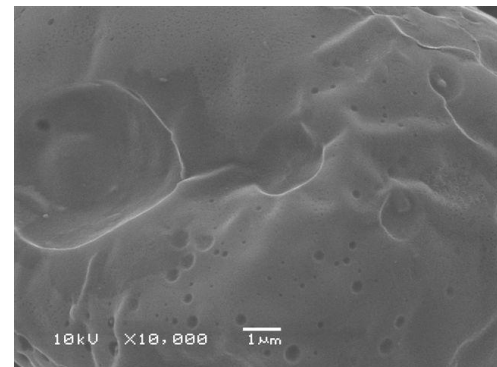
laboratorio y de banco con un 33% de carga. Se observa un comportamiento unimodal, con una menor dispersión en la escala de banco pero con partículas de mayor tamaño. Las micropartículas obtenidas a escala de laboratorio tienen un diámetro medio de  $9,34 \pm 2,04 \mu\text{m}$ , lo cual se corresponde con el intervalo que se reporta para equipos de laboratorio que es 5 a 20  $\mu\text{m}$  y en el caso de la escala de banco, de igual forma se obtuvo un diámetro medio de  $34,28 \mu\text{m}$  que se encuentra en el intervalo reportado para equipos de esta escala que es de 30 a 75  $\mu\text{m}$ .

**Caracterización morfológica de las partículas**

En las Figuras 3 y 4 se muestran las microfotografías electrónicas tomadas a las microcápsulas obtenidas a escala de banco con una carga de 33%. En la Figura 3 se observan partículas esféricas, como es de esperar de un proceso de secado por aspersión, ya que por las características del sistema de atomización se forman partículas esferoidales, con algunas ondulaciones características de las microcápsulas por la presencia de líquido encapsulado en el núcleo de la micropartícula. Como se aprecia en la Figura 4, la superficie de la partícula mostrada es lisa y sin presencia de poros, lo cual es fundamental para la estabilidad de una microcápsula, ya que los poros facilitan la entrada de oxígeno y la sa-



**Figura 3.** Forma de las partículas.



**Figura 4.** Superficie de las partículas.

lida del material encapsulado y por tanto una disminución de la eficiencia de encapsulación en el tiempo y la oxidación de compuestos como los ácidos grasos <sup>16</sup>.

**Estabilidad del aceite de semillas de C. pepo L. sin microencapsular**

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la determinación del contenido de ácido linoleico como componente mayoritario de este aceite, muestran que no existen diferencias significativas para un 95% de confianza al comparar las muestras de aceite sin preservar recién extraído con las del aceite preservado con BHT y sin

Producto	Tiempo	Contenido de ácido linoleico (%)	Eficiencia de encapsulación (%)	Pérdida por desecación (%)
Extracto lipídico	Hora cero	$29,94 \pm 0,68$		
	2 años sin BHT	$30,30 \pm 0,38$		
	2 años con BHT	$30,95 \pm 1,34$		
Microcápsulas 06B01	Hora cero		$91,77 \pm 1,91$	$2,31 \pm 0,28$
	12 meses		$92,55 \pm 1,49$	$3,52 \pm 0,12$
	24 meses		$91,74 \pm 1,60$	$4,55 \pm 0,07$

**Tabla 2.** Estabilidad del extracto lipídico y las microcápsulas.

preservar, expuestos por dos años a la luz y temperatura ambiental de Cuba en frascos de polipropileno.

### **Estabilidad de las microcápsulas almacenadas durante dos años**

En la Tabla 2 se muestra el comportamiento de las microcápsulas obtenidas a escala de banco con una carga de 33%, almacenadas en bolsa de polietileno transparente a 20 y 30 °C y humedad correspondiente a las condiciones ambientales de Cuba. En el caso de la Pérdida por desecación no existe diferencia significativa entre los resultados del inicio y los seis meses, pero si entre éstos y los doce meses. Sin embargo, este incremento solo llega hasta un 4,55%, encontrándose muy por debajo del límite (10%) propuesto para este tipo de material. Al analizar el comportamiento de la eficiencia de encapsulación, no existe diferencia significativa entre el inicio, los doce y los veinticuatro meses para un 95% de confianza, además se mantienen por encima del límite de 90%, corroborando este parámetro que el incremento de la pérdida por de-

secación entre los doce y veinticuatro meses no ha afectado la permeabilidad de las microcápsulas.

### **CONCLUSIONES**

El sistema goma arábica-maltodextrina es adecuado para encapsular aceites fijos mediante secado por aspersión, garantizando una eficiencia de encapsulación superior al 90% y una pérdida por desecación por debajo del 10%. En cuanto a la protección de los compuestos presentes en los aceites fijos, los ácidos grasos, se demostró que no sufren transformaciones durante el proceso de secado, obteniéndose micropartículas con un tamaño adecuado, de geometría esférica y con una superficie lisa y sin poros, lo que garantiza la estabilidad de los compuestos encapsulados. Los resultados del estudio de estabilidad demuestran que el producto tiene un comportamiento estable en cuanto a los indicadores evaluados, evidenciándose la protección ofrecida por los componentes de la pared de las microcápsulas.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Carbin, B., B. Larsson & O. Lindahl (1990) *Br. J. Urol.* **66**: 639-41.
2. Bombardelli, E & P. Morazzoni (1997) *Fitoter.* **68**: 291-301.
3. Younis, Y., S. Ghirmay & S. Al-Shihry (2000) *Phytochem.* **54**: 71-5.
4. Yoshii, H., T. Furuta & A. Soottitantawat (2003) *Microencapsulation of food flavors by spray drying*. In Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering (D.R. Heldman, ed..) Taylor & Francis.
5. Pedroza, R., L. Cruz, D. Ricque, M. Tapia, M. Gaxiola & N. Simoes (2002) Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
6. Rosenberg, M., T. Kopelman & Y. Talmon (1990) *J. Agric. Food Chem.* **38**: 1288-94.
7. McNamee, B., E. Dolores & M. O'Sullivan (2001) *J. Agric. Food Chem.* **49**: 3385-88.
8. Soottitantawat, A., H. Yoshii, T. Furuta, M. Ohgawara, P. Forssell, R. Partanen, K. Poutanen & P. Linko (2004) *J. Agric. Food Chem.* **52**: 1269-76.
9. Soottitantawat, A., H. Yoshii, T. Furuta, M. Ohgawara & P. Linko (2003) *J. Food Sci.* **68**: 2256-62.
10. Yoshii, H., A. Soottitantawat, X. Liu, T. Atarashi, T. Furuta, S. Aishima, M. Ohgawara & P. Linko (2001) *Inn. Food Sci. & Emer. Tech.* **2**: 55-61.
11. Jimenez, M., H. García & C. Beristain (2004) *Eur. Food Res. Tech.* **219**: 588-92.
12. Kolanowski, W., D. Jaworska, J. Weißbrodt & B. Kunz (2007) *J. Amer. Oil Chem. Soc.* **84**: 37-45.
13. Pedroza, R., S. Macías & E. Vernon (2002) *Rev. Mex. Ing. Quím.* **1**: 37-44.
14. Bertolini, A., A. Siani & C. Grosso (2001) *J. Agric. Food Chem.* **49**: 780-85.
15. Soottitantawat, A., K. Takayama, K. Okamura, D. Muranaka, H. Yoshii, T. Furuta, M. Ohgawara & P. Linko (2005) *Inn. Food Sci. & Emer. Tech.* **6**: 163-70.
16. Soottitantawat, A., F. Bigearb, H. Yoshii, T. Furuta, M. Ohgawara & P. Linko (2005) *Inn. Food Sci. & Emer. Tech.* **6**: 107-14.
17. Sankarikutty, B., M. Sreekumar, C. Narayanan & A. Mathew (1998) *J. Food Sci. Technol.* **25**: 352-55.
18. United States Pharmacopeia (2006) USP 29<sup>th</sup> edition. The United States Pharmacopeial Convention.