

# Microencapsulados funcionales de frutos de *Opuntia stricta*

M. LOZANO\*, J.M. Obón, M.R. Castellar, M.C. Díaz-García.

Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Universidad Politécnica de Cartagena.  
Paseo Alfonso XIII, 52. 30203 Cartagena (Murcia)

\*E-mail: miguel\_lozano4@hotmail.com. Telf.: 34 968325564. Fax: 34968325435

**Resumen.** En este trabajo se ha obtenido un colorante alimentario funcional rojo-púrpura en polvo a partir del zumo de frutos de *Opuntia stricta*. Así, con el zumo de un fruto rico en un colorante rojo-púrpura como es la betanina, se busca obtener un producto en polvo que pueda ser empleado como nutracéutico. Este producto que presenta una coloración rojo-púrpura viva puede aplicarse no solo como nutracéutico sino también como colorante. Para conseguir el colorante en polvo se han utilizado inulinas, maltodextrina y jarabe de glucosa como microencapsulantes y un equipo de secado por atomización a escala laboratorio Mini Spray Dryer B-290 (Büchi, Suiza).

## 1. Introducción

La microencapsulación es el proceso por el cual partículas individuales o gotas de un material activo se rodean por una cubierta para producir cápsulas en el rango de micras a milímetros, conocidas como microcápsulas. Hablaremos de submicrocápsulas si el tamaño es de 1000-100 nm, y nanocápsulas si el tamaño es menor a 100 nm [1].

Existen muchos procesos de microencapsulación, entre los que destaca el secado por atomización, que se usa habitualmente para el secado de zumos. En líneas generales consiste en atomizar el material que se encuentra en estado líquido, ya sea como disolución o como dispersión, en forma de finas gotas sobre una corriente de gas caliente. Cuando las pequeñas gotas del líquido se ponen en contacto con el gas a mayor temperatura se produce una rápida evaporación del disolvente, formándose una microcápsula con una fina película con material de recubrimiento [2].

Los zumos presentan por naturaleza un elevado contenido de azúcares como glucosa y fructosa, y ácidos orgánicos como ácido cítrico, málico y tartárico, lo que les confiere una característica diferencial a la hora de conseguir que un zumo por eliminación de su contenido en agua se transforme en una presentación en polvo. Estos compuestos tienen temperaturas de transición vítrea bajas lo que origina problemas de pegajosidad ("stickiness") y de elevada higroscopicidad con los productos obtenidos. El término "stickiness" hace referencia a los fenómenos de cohesión partícula-partícula y de adhesión partícula-pared que presentan los polvos obtenidos, que dificulta su presentación en estado de polvo. La mayor causa de la pegajosidad en polvos amorfos de zumos es la acción plastificante del agua en la superficie, que da lugar a la adhesión y cohesión. El alto contenido de azúcares de bajo peso molecular y ácidos orgánicos disminuye la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) por debajo de la temperatura del producto ( $T_p$ ), incluso a la temperatura de salida del

secado. Esto conlleva a la existencia de un estado pseudo-líquido de material amorfo, que es responsable de la cohesión interpartículas y de la adhesión de las partículas a las paredes del cilindro de atomización.

Una solución a este problema de pegajosidad es la utilización de productos ayudantes de secado. Estos ayudantes de secado son productos envolventes o encapsuladores que mezclados con el zumo a atomizar evitan la pegajosidad y aglomeración del producto obtenido. Para el secado por atomización de zumos se han utilizado maltodextrinas y jarabes de glucosa. Señalar como ejemplos el secado por atomización de zumo de sandía con maltodextrina 9DE [3], o de zumo de piña con maltodextrina 10DE [4].

La inulina y la oligofructosa son fibras dietéticas solubles, y no son digeridas en el estómago o el intestino delgado, por lo que llegan intactas al intestino grueso, donde son fermentadas actuando como prebióticos (Figura 1). Así, promueven el crecimiento de las bacterias beneficiosas endógenas del colon. Su Índice Glicémico (IG) es casi cero, y por tanto no dan lugar a aumentos en los niveles de insulina y azúcar en sangre.

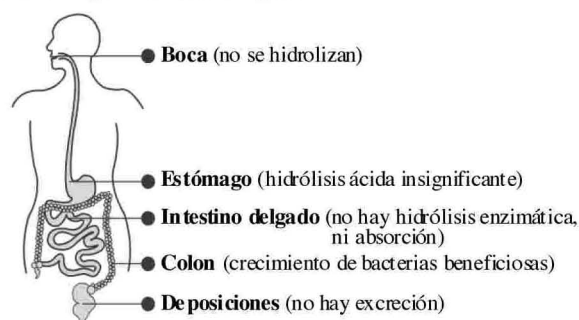


Figura 1. Digestión de inulina/oligofructosa

Recientes investigaciones realizadas con varias especies del género *Opuntia*, nos revelan que sus frutos presentan unas propiedades nutritivas y funcionales muy interesantes. Además, la especie

*Opuntia stricta* es una eficaz fuente de betacianinas, con altos niveles de betanina ( $800 \text{ mg kg}^{-1}$ ). El zumo de *O. stricta* contiene betanina e isobetanina como betacianinas mayoritarias, los mismos pigmentos rojos que existen en la remolacha roja. La importancia de estos pigmentos como componentes funcionales radica no solo en su capacidad como fuente de colorante para uso alimentario sino también en su capacidad antioxidante, lo que incrementa su importancia por la tendencia del consumo de alimentos saludables [5]. El rojo remolacha o betanina es un colorante alimentario que está calificado como aditivo E-162.

En este trabajo proponemos que para el secado de zumos se utilicen carbohidratos prebióticos (inulinas) como encapsulantes alternativos a los tradicionales jarabes de glucosa y maltodextrinas. Los zumos en polvo conseguidos tendrán unas propiedades funcionales añadidas que benefician la salud del consumidor estimulando el crecimiento y/o la actividad de cierto número de bacterias de la flora intestinal.

## 2. Materiales y métodos

Se recolectan frutos maduros de *Opuntia stricta* en Murcia, y una vez en el laboratorio se lavan cuidadosamente eliminado los gloquídios, se homogeneizan con un ultraturrax modelo Ika Labortechnik T25 basic (Ika, Alemania), se centrifugan en una centrífuga refrigerada modelo Z 383 K (Hermle, Alemania) a razón de 15000 rpm durante quince minutos, y finalmente se decanta el zumo. Éste se almacena a  $-20^\circ\text{C}$ .

Los ayudantes de secado usados son Beneo ST (STandard inulin, Inulin 92%, Beneo-Orafti, Barcelona, España), Beneo HP (High Performance inulin, Inulin 100%, Beneo-Orafti, Barcelona, España), Glucidex 6DE (Maltodextrina, Roquette Laisa, Valencia, España), y Glucidex 29DE (Jarabe de glucosa anhidro, Roquette Laisa, España).

El equipo a escala laboratorio utilizado en este trabajo, para llevar a cabo el secado por atomización del zumo de *Opuntia stricta*, se puede observar en la Figura 2 (Büchi mini Spray Dryer B-290, Suiza).



Figura 2. Equipo de secado por atomización

Las medidas de calorimetría diferencial de barrido se han realizado con un DSC 822e Mettler Toledo (Barcelona, España).

## 3. Resultados y discusión

En primer lugar se estudiaron las propiedades físico-químicas de las inulinas y maltodextrinas, que son muy importantes para la elección del encapsulante cuyo comportamiento sea óptimo. Entre los parámetros utilizados para evaluar el mejor ayudante de secado podemos destacar la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) ya que del valor de este parámetro depende en parte la eficacia del secado por atomización. Una mayor temperatura de transición vítrea significará un mejor comportamiento en el secado. Para obtener esta temperatura se ha realizado un análisis por calorimetría diferencial de barrido (DSC) que permite comparar los diferentes productos “encapsulantes” o “ayudantes del secado” utilizados en este trabajo.

Tabla 1. Temperaturas de transición vítrea de los encapsulantes ensayados

Encapsulante	Tg inicio ( $^\circ\text{C}$ )	Tg media ( $^\circ\text{C}$ )
<b>Inulina</b>		
Beneo ST (92%)	116.1	123.6
Beneo HP (100%)	119.7	125.2
<b>Maltodextrina</b>		
Glucidex 6DE	No se observa ( $>200$ )	
<b>Jarabe de glucosa</b>		
Glucidex 29DE	142.0	146.1

En la Tabla 1 se resumen los resultados del análisis por DSC de cada una de las inulinas, maltodextrinas y ayudantes de secado estudiados. Los valores de  $T_g$  determinados para las inulinas, Beneo ST y Beneo HP, así como para la maltodextrina Glucidex 29DE, guardan relación con los datos de la bibliografía. Las inulinas presentan valores de  $T_g$  menores a los de cualquier maltodextrina. Este hecho se explica por el mayor valor de  $T_g$  de la glucosa ( $31^\circ\text{C}$ ) en comparación con la fructosa ( $5^\circ\text{C}$ ), que se extrapola a sus correspondientes polímeros. Así, atendiendo a estos resultados no podemos pensar que los rendimientos del proceso de secado por atomización del zumo de *Opuntia stricta* con inulinas vayan a ser mejores.

Para realizar el secado por atomización del zumo de *Opuntia stricta* con las diferentes inulinas, maltodextrina y jarabe de glucosa, se mantuvo una relación constante encapsulante/zumo de 0.9. Las condiciones de secado por atomización utilizadas fueron: temperatura del aire de entrada:  $160^\circ\text{C}$ , caudal de aspiración: 90%, caudal de aire de atomización: posición 4 y caudal de bomba de alimentación: 40%.

De cada experimento se determinó el rendimiento en peso (100 x gramos obtenidos/gramos ofertados), la intensidad de color del polvo (absorbancia a 535 nm que presenta una disolución al 1% p/v), y el rendimiento en color (100 x color obtenido /color ofertado).

Tabla 2. Características de los microencapsulados obtenidos con zumos de *Opuntia stricta*

Encapsulante	Rdto peso (%)	Rdto color (%)	Intensidad de color
<u>Inulina</u>			
Beneo ST (92%)	62	55	3.8
Beneo HP (100%)	62	55	3.7
<u>Maltodextrina</u>			
Glucidex 6DE	66	63	4.1
<u>Jarabe de glucosa</u>			
Glucidex 29DE	65	59	3.8

De los resultados de los ensayos realizados (Tabla 2) se puede concluir que la presencia de los ayudantes de secado ha permitido obtener en todos los casos producto en polvo. El comportamiento del rendimiento en peso es el esperado atendiendo a los valores de Tg, obteniéndose los valores de rendimiento más altos con la maltodextrina, y los menores con el Beneo ST. El rendimiento en color obtenido también fue superior con la maltodextrina, lo que llevó a que los polvos obtenidos con este ayudante de secado fueran los de mayor intensidad de color.

Para correlacionar los resultados de rendimiento en peso obtenidos con la morfología de partícula, se realizaron fotografías de microscopía electrónica de barrido. La figura 3 presenta las imágenes de los microencapsulados.

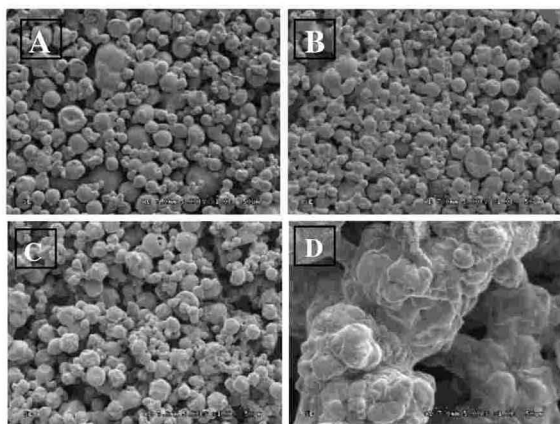


Figura 3. Fotografías de microscopía electrónica de barrido de los zumos en polvo con: (A) Beneo ST, (B) Beneo HP, (C) Glucidex 6DE, (D) Glucidex 29DE

Casi todos los encapsulantes logran formar partículas esféricas, siendo el tamaño de las microcápsulas

esféricas similar para los diferentes encapsulantes y de valor entre 5 y 10 micras. El Glucidex 29DE forma agregados pegajosos no esféricos.

## 4. Conclusiones

La conclusión general del trabajo presentado es que se han conseguido obtener microencapsulados funcionales en polvo con todos los ayudantes de secado ensayados, bien sean inulinas, maltodextrinas o jarabe de glucosa anhidra. Los rendimientos en producto han sido elevados entre el 62 y el 66%, y los microencapsulados funcionales en polvo muestran suficiente intensidad de color como para que puedan ser empleados comercialmente como colorantes alimentarios.

Destacar que se ha conseguido obtener un colorante prebiótico con inulina, lo que permite ofertar un nuevo tipo de colorantes con un gran valor añadido. Esta potencialidad de la inulina como ayudante en el proceso de secado se extiende también a otros zumos que no destaquen por su color, así se obtendrían nuevos ingredientes alimentarios funcionales de zumos de frutas de amplias aplicaciones en la industria alimentaria.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la “Fundación Séneca” (Murcia, España) por la financiación del proyecto 12610/BPS2/09 y al Ministerio de Ciencia e Innovación por el proyecto AGL 2007-60455.

## Referencias

- [1] Vila Jato, J.L. (1997). “Tecnología Farmacéutica”. Vol. I. Ed. Síntesis. S.A., Madrid. Capítulo 10.
- [2] Hellman, J. (2000) “Farmacotécnica Teórica y Práctica”, Vol. I - VIII. Ed. Continental, México.
- [3] Quek, S.Y., Chok, N.K. y Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*, 46, 386–392.
- [4] F.D.B. Abadio, A.M Domingues, S.V. Borges, y V.M. Oliveira. (2004). Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice-effect of maltodextrin concentration and atomization speed. *Journal of Food Engineering*, 64, 285–287.
- [5] Castellar, M.R., Obón, J.M., Alacid, M. y Fernández-López, J.A. (2003) Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2772-2776.