



Materiales utilizados en la encapsulación

N. A. Guevara – Bretón ^{*}, M. T. Jiménez – Munguía

Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de las Américas – Puebla. San Andrés Cholula, Pue., México.

Resumen

Existen actualmente una gran variedad de materiales utilizados para la encapsulación. Entre los materiales que sirven como agente acarreador o encapsulante se encuentran algunos carbohidratos, lípidos, proteínas y polímeros; mientras que los agentes activos o encapsulados pueden ser: sabores, antimicrobianos, colores, vitaminas, minerales, microorganismos entre otros. Es muy importante conocer las propiedades tanto del agente encapsulante como del agente activo considerando la técnica utilizada y la finalidad del encapsulado, para de esta forma obtener un producto de calidad, con características óptimas en cuanto a tamaño, forma y homogeneidad que puedan cumplir con el objetivo de la encapsulación. En este artículo se hace una revisión acerca de los materiales utilizados para la encapsulación de ingredientes alimenticios, tanto de agentes activos como encapsulantes y sus aplicaciones.

Palabras clave: encapsulación, agentes activos, agentes acarreadores o encapsulantes.

Abstract

There is an enormous variety of materials used for encapsulation; among the wall materials there are carbohydrates, lipids, proteins and polymers; on the other hand, the core or active agents are: flavors, colors, vitamins, microorganisms among others.

It is important to know the wall and core materials properties depending on the technology an objective of encapsulated product, in order to obtain a good quality product, with adequate characteristics in size, form and uniformity that to achieve the target of encapsulation. On this review a description of some materials used for encapsulation and their application are given.

Keywords: encapsulation, core material, wall material.

Introducción

La encapsulación es un proceso utilizado para la preservación o protección de numerosos ingredientes comerciales, no sólo alimenticios, sino también farmacéuticos, químicos y cosméticos (Fuchs *et al.*, 2006; Shu *et al.*, 2006).

* Tel.: +52 222 229 2126, fax: +52 222 229 2727
Dirección electrónica: ing_arelygb@yahoo.com.mx

Existe una gran variedad de técnicas, aunque algunos autores de manera general los clasifican en métodos de encapsulación: físicos o mecánicos y químicos. En los métodos mecánicos se encuentran: el secado por atomización, la liofilización, el secado en lecho fluidizado y la extrusión; mientras que en los métodos químicos aparecen: la coacervación compleja, polimerización interfacial, gelificación iónica, incompatibilidad polimérica, cocrystalización y atrapamiento en liposomas (Pedroza, 2002; Madene *et al.*, 2006).

La industria alimenticia aplica la encapsulación por varias razones: para estabilizar el agente activo, para controlar la liberación del material encapsulado (velocidad y forma de liberación), y para separar componentes reactivos o incompatibles. Las microcápsulas permiten proteger componentes alimenticios sensibles, asegurarlos contra la pérdida nutricional, utilizar ingredientes sensibles, incorporar un mecanismo inusual de tiempo de liberación dentro de la formulación, enmascarar o preservar sabores y aromas, y transformar líquidos en ingredientes sólidos de fácil manejo (Dziezak, 1988).

Los procesos de encapsulación se han desarrollado como respuesta a la pérdida de viabilidad de aquellos componentes activos presentes en muchos alimentos funcionales. Esta técnica consiste en la protección de dichos materiales cubriendolos con un agente acarreador o encapsulante (Madene *et al.*, 2006). El objetivo de este proceso es proteger al componente activo de las condiciones del medio (temperatura, luz, oxígeno, pH, enzimas, presencia de otros nutrientes) (Chen *et al.*, 2006), las cuales disminuyen el efecto benéfico del componente activo en el producto alimenticio para el cual está dirigido (Dziezak, 1988; Shefer y Shefer, 2003; Pszezola, 2005).

La efectividad de los productos nutraceuticos o funcionales, la cual está relacionada con la prevención de enfermedades, depende del mantenimiento de la viabilidad de los ingredientes activos. Este es uno de los principales retos actualmente, debido a que sólo una pequeña proporción de moléculas benéficas permanece disponible después de la ingesta por diversas causas, entre ellas, la sensibilidad de estas moléculas.

La calidad de los encapsulados, es decir, su eficiencia en la protección y liberación controlada, depende de diversos factores, entre ellos: las condiciones de operación durante la producción (temperatura, pH, presión, humedad) y el manejo de estas partículas, así como de la composición y estructura de los materiales utilizados (Fuchs *et al.*, 2006). De acuerdo a lo descrito por Madene *et al.* (2006), la retención del sabor, por ejemplo, está determinada por factores relacionados con la naturaleza química del agente activo, incluyendo su peso molecular, funcionalidad química, polaridad y volatilidad relativa, las propiedades y naturaleza del material encapsulante o agente acarreador, así como los parámetros del proceso de encapsulación.

Actualmente existe una amplia variedad de materiales encapsulantes y agentes activos. En este artículo se realiza una revisión de algunos de los materiales frecuentemente utilizados para la encapsulación de ingredientes alimenticios, tanto agentes activos como agentes acarreadores, así como algunas de sus aplicaciones.

Revisión bibliográfica

Agentes activos

Aquellos compuestos o ingredientes que son protegidos mediante la encapsulación se denominan agentes activos, estos pueden ser:

sabores, antimicrobianos, compuestos nutraceuticos, terapéuticos, vitaminas, minerales, antioxidantes, colores, ácidos, bases, amortiguadores, edulcorantes, nutrientes, enzimas, agentes de entrecruzamiento, levaduras, agentes químicos para fermentación, grasas, aceites, oleoresinas, entre otros (Madene *et al.*, 2006; Chiou *et al.*, 2007; Lakkis, 2007).

Dziezak, (1988) menciona una amplia variedad de compuestos de encapsulación con la finalidad de mejorar la funcionalidad del componente activo, entre ellos: los acidulantes, los colores naturales, los agentes de sabor, las especias, los agentes leudantes, el cloruro de sodio, los edulcorantes, las vitaminas y los minerales.

Otro grupo de interés, y en el cual la encapsulación está jugando un papel muy importante, son los microorganismos, conocidos también como probióticos, cuya función en el organismo se realiza sólo si éstos están presentes por lo menos con una población de 10^7 ufc/g, hasta su consumo. Entre las técnicas de encapsulación utilizadas para encapsular e incorporar estos microorganismos a los diferentes productos funcionales, se encuentran: la gelificación iónica con alginato (Iyer y Kailasapathy, 2005; Beristain, 2006), el sistema de hibridización mediante un rotor a alta velocidad (Ann *et al.*, 2007), el secado por atomización, la extrusión (Muthukumarasamy *et al.*, 2006), la liofilización (Champagne y Fustier, 2007) y la emulsificación (Krasaekoopt *et al.*, 2003; Muthukumarasamy *et al.*, 2006).

La encapsulación de lípidos puede ser útil para retardar la auto-oxidación, mejorar la estabilidad y permitir su completa funcionalidad; asimismo pueden funcionar como acarreadores de sustancias solubles como sabores, o para disipar compuestos amargos (Matsuno y Adachi, 1993).

Agentes acarreadores

De acuerdo a Lakkis (2007) los componentes o agentes encapsulantes, se clasifican en diversas categorías como se enlistan a continuación:

1. Ceras y lípidos: cera de abeja, ceras de carnauba y candelilla, emulsiones de micro y macro cera, diestearato de glicerol, grasas naturales y modificadas.
2. Proteínas: gelatinas, proteínas de suero de leche, zeína, proteínas de soya, gluten, etc. Todas estas proteínas están disponibles tanto en su forma nativa como modificada.
3. Carbohidratos: almidones, maltodextrinas, quitosano, sacarosa, glucosa, etilcelulosa, acetato de celulosa, alginatos, carrageninas, etc.
4. Polímeros de grado alimenticio: polipropileno, polivinilacetato, poliestireno, polibutadieno, etc.

Los carbohidratos son utilizados ampliamente en la encapsulación mediante el secado por atomización como soportes encapsulantes. Son excelentes candidatos en aplicaciones de encapsulación debido a que poseen muchos atributos tales como: presentar baja viscosidad a altas concentraciones, formar parte integral de muchos sistemas alimenticios, tener un bajo costo, estar disponibles en un amplio intervalo de tamaños, además de tener buena solubilidad (Charalampopoulos *et al.*, 2002; Madene *et al.*, 2006; Lakkis, 2007). Las *maltodextrinas* son un subgrupo importante de los carbohidratos, éstas se forman por la hidrólisis parcial del almidón de maíz por medio de enzimas o ácidos y se clasifican de acuerdo al grado de equivalentes de dextrosa (ED). Otros carbohidratos importantes son las gomas, las cuales generalmente son insípidas, pero pueden llegar a tener un efecto en el sabor de los alimentos. En general, los hidrocoloides o

gomas reducen la dulzura, esto se atribuye a la viscosidad y a las dificultades de difusión que propician en el sistema alimenticio (Madene *et al.*, 2006). También se han utilizado trazas de cereales, como la amilosa del maíz, o gránulos de almidón para la encapsulación de microorganismos probióticos como *Bifidobacterium* (Charalampopoulos *et al.*, 2002).

Las proteínas tienen excelentes propiedades funcionales, como solubilidad, viscosidad, y emulsificación. Tienen la propiedad de formar películas, debido a sus diversos grupos químicos, sus propiedades anfóteras, su capacidad de asociación e interacción con diferentes tipos de sustancias, su alto peso molecular y la flexibilidad de sus cadenas moleculares (Madene *et al.*, 2006).

Un agente acarreador especial son las ciclodextrinas, las cuales son los únicos materiales que protegen al componente activo en base a selectividad molecular. Estos compuestos son oligosacáridos formados por varias subunidades de α -1-4 piranosa. Generalmente, una molécula de agente activo es incluida en una molécula de ciclodextrina, aunque para algunas moléculas con bajo peso molecular, más de una molécula del agente activo es adaptada a la cavidad de la ciclodextrina. Sabores, grasas, colores y algunos otros agentes activos pueden ser atrapados o encapsulados mediante ciclodextrinas; en la tabla I se presentan algunas propiedades de diferentes ciclodextrinas, como su peso molecular, solubilidad, diámetro y volumen (Lakkis, 2007).

Tabla I. Propiedades fisicoquímicas de ciclodextrinas^a

Propiedad	α -ciclodextrina	β -ciclodextrina	γ -ciclodextrina
Número de unidades de glucopiranosa	6	7	8
Peso molecular (g/mol)	972	1135	1297
Solubilidad en agua a 25 °C (% p/v)	14.5	18.5	23.2
Diámetro de la cavidad (Å)	4.7 - 5.3	6.0 - 0.5	7.5 - 8.3
Volumen de la cavidad (Å) ³	174	262	427

^aLakkis, 2007

Debido a la amplia gama de propiedades de los distintos agentes acarreadores, en muchas ocasiones se ha utilizado una combinación de éstos para obtener un efecto sinérgico. Sheu y Rosenberg (1998) describen el uso de la proteína de suero con diferentes maltodextrinas y su efecto sobre la microestructura, la cual es función de la relación de dichos componentes y del grado de ED de las maltodextrinas. Asimismo, Shu *et al* (2006) utilizaron gelatina en combinación con sacarosa para encapsular licopeno y encontraron que los resultados fueron adecuados para una relación de 3/7 gelatina/sacarosa. Por otra parte, Fuchs *et al.* (2006) manejaron conjuntamente maltodextrina y goma de acacia para encapsular aceite vegetal, mostrando una adecuada protección de este agente activo.

Los sabores son ingredientes muy valiosos en la formulación de alimentos; sin embargo, por su naturaleza delicada y volátil, requieren de protección frente a las condiciones ambientales desfavorables. La encapsulación mediante diferentes procesos ha proporcionado excelentes resultados (Shefer y Shefer, 2003; Madene *et al.*, 2006). En la tabla II se presentan algunas características de materiales encapsulantes para sabores, donde se observa la gran variedad de materiales utilizados, carbohidratos, proteínas, grasas, entre otros.

Por otra parte, los denominados prebióticos (fructooligosacáridos, lactulosa, rafinosa, entre otros), han sido utilizados

Tabla II. Características de agentes usados para encapsular sabores^a

Agente encapsulante	Propósito
Maltodextrina (ED < 20)	Formación de película
Sólidos de jarebe de maíz (ED > 20)	Formación de película
Almidón modificado	Buen emulgente
Goma arábiga	Emulgente, formación de película
Celulosa modificada	Formación de película
Gelatina	Emulgente, formación de película
Ciclodextrina	Encapsulante, emulgente
Lecitina	Emulgente
Proteína de suero	Buen emulgente
Grasa hidrogenada	Barrera para el oxígeno y agua

^aMadene *et al.*, 2006

para encapsular microorganismos probióticos y de esta forma aprovechar el efecto sinérgico entre estos compuestos, con resultados favorables (Charalampopoulos *et al.*, 2002; Ann *et al.*, 2007).

Evaluación de los encapsulados

Existen varios métodos para evaluar la calidad de los encapsulados. Algunos se basan en la forma, tamaño o estructura de la partícula, mientras otros lo hacen en la cantidad de agente activo encapsulado. Para el primer caso, las técnicas utilizadas son la microscopía electrónica de barrido (MEB) o la microscopía electrónica de transmitancia (MET) (Ann *et al.*, 2007). En cuanto a la evaluación de la calidad a través de la cantidad de agente activo encapsulado, dependerá del material que se esté utilizando; así para el caso de lípidos encapsulados, se realiza una extracción con hexano para determinar la cantidad presente (Matsuno y Adachi, 1993); por otra parte, para el caso de los microorganismos encapsulados se utiliza la medición de microorganismos sobrevivientes o viables, esto a través de recuento microbiano en placa (Muthukumarasamy *et al.*, 2006).

Conclusiones

Existe una gran variedad de materiales utilizados en la industria alimentaria para las diferentes técnicas de encapsulación, sin embargo, también existe la necesidad de encontrar la mejor opción para lograr los resultados óptimos para cada caso en particular, con ello mantener las funciones del agente activo y además obtener un encapsulado con alta homogeneidad y por lo tanto de alta calidad. Los materiales frecuentemente utilizados para encapsular, son los carbohidratos, lípidos, proteínas, y algunos polímeros de grado alimenticio. Así también algunos de los ingredientes comúnmente encapsulados son vitaminas, enzimas, aceites, microorganismos, y algunos coadyuvantes del proceso. Entre las técnicas para determinar dicha calidad se tienen como herramientas la microscopía además de técnicas específicas de acuerdo a cada agente activo. Es de suma importancia el conocimiento de sus propiedades, así como de sus aplicaciones en la industria alimenticia.

Referencias

- Ann, E. Y., Kim, Y., Oh, S., Imm, J. Y., Park, D. J., Han, K. S. y Kim S. H. 2007. Microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 43121 with prebiotic substrates using a

- hybridization system. *International Journal of Food Science and Technology*. 42: 411-419.
- Beristain, S. C. 2006. Viabilidad de *L. acidophilus* encapsulado en matrices de alginato incorporado a un helado. Tesis de Maestría. Universidad de las Américas Puebla, México.
- Champagne, C. P. y Fustier, P. 2007. Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. *Current Opinion Biotechnology*. 18 (2): 184-190.
- Charalampopoulos, D., Wang, R., Pandiella, S. S. y Webb, C. 2002. Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *International Journal of Food Microbiology*. 79 (1-2): 131-141.
- Chen, L., Remondetto, G. E. y Subirade, M. 2006. Food protein-based materials as nutraceutical delivery systems. *Trends in Food Science and Technology*. 17 (5): 272-283.
- Chiou, D. y Langrish, T. A. G. 2007. Development and characterization of novel nutraceuticals with spray drying technology. *Journal of Food Engineering*. 82:84-91
- Dziezak, J. D. 1988. Microencapsulation and encapsulated ingredients. *Food Technology*. 4:131-148
- Fuchs, M., Turchiuli, C., Bohin, M., Cuvelier, M. E., Ordonnau, C., Peyrat-Maillard, M.N. y Dumoulin, E. 2006. Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*. 75:27-35
- Iyer, C. y Kailasapathy, K. 2005. Effect of co-encapsulation of probiotics with prebiotics on increasing the viability of encapsulated bacteria under in vitro acidic and bile salt conditions and in yogurt. *Food Microbiology and Safety*. 70(1): 18-23
- Krasaekoopt, W., Bhandari, B. y Deeth, H. 2003. Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt. *International Dairy Journal*. 13 (1):3-13.
- Lakkis, J. M. 2007. *Encapsulation and controlled release technologies in food systems*. Blackwell Publishing. Iowa, EE. UU. pp. 1-8
- Madene, A., Jacquot, M., Sher, J. y Desobry, S. 2006. Flavour encapsulation and controlled release- a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 41: 1-21.
- Matsuno, R., y Adachi, S. 1993. Lipid encapsulation technology-techniques and applications to food. *Trends in Food Science and Technology*. 4: 256-261
- Muthukumarasamy, P., Allan-Wojtas, P. y Holley, R. 2006. Stability of *L. reuteri* in different types of microcapsules. *Journal of Food Science*. 71 (1): 20-24.
- Pedroza, R. 2002. Alimentos microencapsulados: particularidades de los procesos para la microencapsulación de alimentos para larvas de especies acuáticas. Avances en Nutrición Acuática VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuática. Cancún, Quintana Roo, México.
- Pszezola, D. E. 2005. Formulation aids, serve as essential tools. *Food Technology*. 12:65-75.
- Shefer, A. y Shefer S. 2003. Novel encapsulation system provides controlled release of ingredients. *Food Technology*. 57(11):40-42.
- Sheu, T. Y. y Rosenberg, M. 1998. Microstructure of microcapsules consisting of whey proteins and carbohydrates. *Journal of Food Science*. 63(3):491-494.
- Shu, B., Yu, W., Zhao, Y. y Liu, X. 2006. Study on microencapsulation of lycopene by spray-drying. *Journal of Food Engineering*. 76:664-666.