

Aplicaciones Biotecnológicas de la Microencapsulación

J. Yáñez Fernández, J.A. Salazar Montoya, L. Chaires Martínez, J. Jiménez Hernández, M. Márquez Robles y E. G. Ramos Ramírez*

Los procesos de encapsulación fueron desarrollados entre los años 1930 y 1940 por la National Cash Register para la aplicación comercial de un tinte a partir de gelatina como agente encapsulante mediante un proceso de coacervación. La utilización de microcápsulas abarca una amplia gama de campos: la liberación controlada de sabores, colores, aromas, perfumes, drogas, fertilizantes y precursores en impresiones.

Las enzimas y las células animales o vegetales también pueden ser encapsuladas, permitiendo que los sustratos y productos entren y salgan de la cápsula. Este concepto fue instrumentado con el desarrollo de un hígado artificial con enzimas hepáticas colocadas en membranas semipermeables para mejorar su función. Las membranas de nylon han sido empleadas para encapsular y atrapar enzimas como la pepsina, la pectinesterasa para clarificación de jugos, la invertasa para la inversión de sacarosa y la renina para coagulación de leche.

Una bacteria ácido láctica, *Lactobacillus lactis*, fue encapsulada en alginato y se sugiere que las bacterias inmovilizadas pueden ser usadas para producir yogurt de manera continua. La encapsulación es un proceso mediante el cual ciertas sustancias bioactivas (sabores, vitaminas o aceites esenciales) son introducidas en una matriz o sistema pared con el objetivo de impedir su pérdida, para protegerlos de la reacción con otros compuestos presentes en el alimento o para impedir que sufran reacciones de oxidación



debido a la luz o al oxígeno. Una ventaja adicional es que un compuesto encapsulado se liberará gradualmente del compuesto que lo ha englobado o atrapado y se obtienen productos alimenticios con mejores características sensoriales y nutricionales.

Se utiliza también el término microencapsulación en la industria alimentaria o farmacéutica cuando se encapsulan sustancias de bajo peso molecular o en pequeñas cantidades. Los dos términos, encapsulación y microencapsulación, se usan indistintamente (tabla 1).

Métodos Generales

Diversos métodos han sido propuestos para la producción de microcápsulas. En general, estos métodos pueden ser divididos en tres grupos:

(1) Procesos físicos: secado por aspersión, extrusión y recubrimiento por aspersión.

(2) Procesos fisicoquímicos: coacervación simple o compleja y atrapamiento en liposomas.

(3) Procesos químicos: polimerización interfacial e inclusión molecular.

La selección del proceso de encapsulación para una aplicación considera el tamaño medio de la partícula requerida y las propiedades fisicoquímicas del agente encapsulante y la sustancia a encapsular, las aplicaciones para el material microencapsulado, el mecanismo de liberación deseado y el costo. En el caso de sabores y aromas, varios métodos han sido desarrollados para encapsularlos y utilizarlos en la industria de alimentos; el secado por aspersión es el que más se utiliza.

Secado por Aspersión

El secado por aspersión es ampliamente usado en la industria de los alimentos debido a que es un método económico y efectivo en la protección de materiales, en particular empleado en la deshi-

20^a

Exposición Internacional
de la Industria del Envase
y Embalaje

**El empaque
es básico...**



México



Junio 21 - 24

Centro



Banamex

Ciudad de México

www.expopack.com.mx

Desde el origen del proceso del producto hasta su entrega al consumidor final, el envase juega un papel básico.

En EXPO PACK México más de 700 expositores cuentan con la solución ideal para el correcto procesamiento, envasado, almacenaje y distribución de su producción.

Participe en el mejor evento de envase y embalaje para el mercado latino.

**... es básico para
su empresa.**

Organización y Producción



Con el apoyo de



Con la colaboración de



Tabla 1.
Tipos de Coberturas Utilizadas en Microencapsulación.

Tipo de Cobertura	Cobertura específica
Gomas	Gomas arábica, agar, alginato de sodio, carragenina
Carbohidratos	Almidón, dextranos, sacarosa, jarabes de maíz
Celulosas	Carboximetil-celulosa, metilcelulosa, etilcelulosa, metilcelulosa, acetilcelulosa
Lípidos	Ceras, parafinas, tristearina, ácido esteárico, monoglicéridos, diglicéridos, aceites, grasas
Materiales inorgánicos	Sulfato de calcio, silicatos

dratación de leche. Los almidones modificados, las maltodextrinas y las gomas son empleados como acarreadores o materiales pared. El material a encapsular es homogenizado con el acarreador; la mezcla es alimentada al secador por aspersión y se atomiza por medio de una boquilla o disco; las cápsulas son colectadas posteriormente.

Desarrollos recientes se han hecho con nuevos acarreadores, incluyendo coloides y gomas naturales, para la obtención de mezclas que permitan incrementar la retención de compuestos volátiles y la vida de anaquel de las microcápsulas. Se ha conseguido la retención de aceites esenciales de naranja y disminuido su oxidación al usar goma arábica.

Aspersión por Enfriamiento o Congelamiento

Una variante del secado por aspersión consiste en enfriamiento o congelamiento, donde el material a encapsular es mezclado con el acarreador y es atomizado por medio de aire frío. Las microcápsulas son producidas por nebulización de la emulsión o suspensión que contiene el material pared y la sustancia activa sólida o líquida.

Las coberturas empleadas usualmente son aceites vegetales en el caso de aspersión por enfriamiento o aceite vegetal hidrogenado para la aspersión por congelamiento; así pueden encapsularse líquidos sensibles al calor y materiales que no son solubles en disolventes convencionales. La reducción de la temperatura produce una solidificación del lípido pa-

red y el atrapamiento de la sustancia activa en el centro de la cápsula. La aspersión por enfriamiento es usualmente empleada para encapsular sulfato ferroso, vitaminas, minerales o acidulantes.

Las aplicaciones más comunes de la aspersión por congelamiento incluye el secado de sopas y los alimentos con altos contenidos de grasa. Las microcápsulas producidas por enfriamiento o congelamiento son insolubles en agua debido a su cobertura de lípidos por lo que se encapsulan materiales solubles como enzimas, vitaminas solubles en agua y acidulantes.

Extrusión

La microencapsulación por extrusión involucra el paso de una emulsión del material activo y el material pared a través de un dado a alta presión. La extrusión constituye el segundo proceso más usado, después del secado por aspersión, para la encapsulación de sabores. Un proceso típico involucra la mezcla de sabores con jarabe de maíz o almidón modificado caliente, extruyendo la mezcla en forma de esferitas (*pellets*) dentro de un baño con un disolvente frío como el isopropanol. El disolvente frío solidifica el jarabe en un sólido amorfo, bañando los sabores. Los sabores extrudidos proporcionan una mayor vida de almacenamiento comparados con los que no son encapsulados.

La vitamina C y los colorantes pueden tener una vida de almacenamiento superior a dos años. Además, la forma sólida de los sabores es más conveniente para su uso. La aplicación de este

método en el procesamiento de alimentos incluye bebidas, pasteles, gelatinas, postres, así como numerosos sabores.

Cobertura por Lecho Fluidizado

Esta técnica consiste en suspender partículas sólidas en aire a alta velocidad dentro de una cámara con temperatura y humedad controlada, donde el material pared es atomizado. La cantidad de partículas cubiertas depende de la longitud de la cámara y del tiempo de residencia dentro de ésta. La técnica es aplicable a coberturas que funden fácilmente (como aceites vegetales hidrogenados, estearinas, ácidos grasos, emulsificantes, ceras) o coberturas solubles (como almidones, gomas y maltodextrinas).

Para coberturas fundibles se usa aire frío para endurecer el acarreador, mientras que para las coberturas solubles se usa aire caliente para evaporar el disolvente. Los ingredientes con facilidad de fundir son liberados al incrementar la temperatura o por ruptura física, mientras que las coberturas solubles liberan su contenido al adicionar agua.

Alimentos fortificados y mezclas nutricionales contienen ingredientes encapsulados por lecho fluidizado; algunos ejemplos son: ácidos cítrico, láctico y sórbico; bicarbonato de sodio utilizado en productos de panificación.

Atrapamiento en Liposomas

Un tipo de cápsula con más propiedades versátiles y menos fragilidad que aquellas hechas de grasa es el de los liposomas. Estos han sido empleados para la liberación de vacunas, enzimas y vitaminas en el cuerpo y consisten de una o más capas de lípidos no tóxicos y aceptables en alimentos; la permeabilidad, estabilidad, actividad superficial y afinidad pueden variar con el tamaño y la composición del lípido.

Los liposomas son vesículas que se forman cuando películas de fosfolípidos son dispersadas en un medio acuoso;

Alimentaria México 2005

Salón Internacional de Alimentos y Bebidas



1-3 JUNIO

Centro
Banamex
CIUDAD DE MÉXICO

*El centro de reunión para hacer negocios
para la industria alimenticia y de bebidas*

Organizado por:

Alimentaria Exhibitions

FIRA DE BARCELONA & REED EXHIBITIONS JOINT VENTURE



E.J. KRAUSE DE MÉXICO

Única forma de registro

www.alimentaria-mexico.com

Mundo Alimentario

al igual que las membranas naturales, los liposomas son selectivamente permeables a iones. Los liposomas se forman cuando una solución acuosa de sustancia activa es mezclada con la película del lípido. Estructuralmente existen tres tipos de liposomas: multilamellar, vesículas de un compartimiento y macrovesículas.

La sonicación permite la formación de un solo compartimiento de vesículas, mientras que las macrovesículas son formadas por inyección de soluciones de lípido en un *buffer* de fosfatos.

Los liposomas pueden ser obtenidos con cargas positivas por la adición de aminas o con cargas negativas por la adición de fosfatidil serina o diacetil fosfato. Materiales hidrofílicos e hidrofóbicos pueden ser atrapados en liposomas. Los compuestos hidrofílicos son disueltos en agua y mezclados con una película lipídica para formar liposomas, mientras que los materiales hidrofóbicos son embebidos en una delgada película de lípido.

La liberación del principio activo se realiza por difusión a través de la bicapa, por destrucción de la vesícula, por medio de una concentración crítica de iones calcio o por un cambio de pH.

El colesterol y los tocoferoles pueden ser incorporados para reducir la permeabilidad de la membrana e incrementar la estabilidad de los lípidos en la

bicapa. Las sustancias activas solubles en agua presentan una mejor eficiencia de encapsulamiento que las hidrofóbicas. Los liposomas son usados con éxito en la encapsulación de sistemas enzimáticos. Sin embargo, el uso de disolventes orgánicos limita su uso en aplicaciones en alimentos (tabla 2).

Inclusión de complejos

La inclusión de complejos, también conocida como encapsulación molecular, utiliza beta-ciclodextrinas para el atrapamiento de moléculas. Estas ciclodextrinas (CD) tienen un centro hidrofóbico mientras que la superficie exterior es hidrofílica. Las CD forman complejos por inclusión o por huésped-anfitrión.

El principal mecanismo de las CD involucra la formación de complejos por inclusión de analitos: permiten un equilibrio dinámico en el cual agua u otro compuesto, son reemplazados en la cavidad de la molécula de CD. La estabilidad de estos complejos depende de la estructura, hidrofobicidad de la molécula, pH, disolvente orgánico, temperatura y concentración de la CD.

La preparación de complejos se realiza por dos métodos: en el primero la molécula huésped y la CD son cristalizadas, un disolvente menos hidrofóbico que la molécula huésped se mezcla con los componentes dando una acomplejación de la molécula huésped hacia el centro de la

ciclodextrina, la ciclodextrina y la molécula huésped son mezcladas en agua durante un tiempo hasta conseguir el equilibrio.

El segundo método involucra la forma gaseosa de la molécula huésped en una solución de CD. Los complejos de inclusión obtenidos son sólidos cristalinos y pueden adicionarse a alimentos secos con un mínimo de degradación o pérdida del compuesto huésped durante el almacenamiento.

Las CD protegen sabores y otros ingredientes sensibles al calor que son adicionados en alimentos extrudidos. Aceite de ajo, cebolla y vitaminas A, E y K son acomplejados por CD.

Coacervación

En una solución coloidal las cargas pueden orientarse formando puentes que dan origen a una disminución en la solubilidad del coloide. Como consecuencia una parte del coloide puede ser separado en una nueva fase, convirtiendo al sistema en bifásico. La fase rica en coloide es un estado disperso que aparece como gotas de líquido amorfo, a las que se les denomina gotas de coacervado.

La coacervación puede ser iniciada por diferentes formas: cambios de pH, temperatura o adición de una segunda sustancia como una sal iónica, este método es eficiente pero caro. Para el proceso de microencapsulación algunos biopolímeros han sido utilizados para su uso como coberturas (goma arábica y gretina).

La microen-capsulación por coacervación requiere que el material a encapsular y el material pared sean mezclados, la cobertura es depositada sobre el material activo.

Generalmente un cambio de pH, temperatura o fuerza iónica provoca una fase de separación o coacervación de la cobertura y atrapamiento del material

Tabla 2.
Ingredientes encapsulados utilizados en alimentos

Tipo de Ingrediente
Saborizantes de tipo: especias, aceites, sazonzadores y edulcorantes
Acidulantes, alcalis, buffers (Ac. ascórbico, cítrico, fumárico, bicarbonato)
Lípidos: Ac. linoléico
Agentes redox (blanqueadores, maduradores)
Enzimas o microorganismos
Antioxidantes (Ac. ascórbico, cítrico)
Colorantes
Aceites esenciales, aminoácidos, vitaminas y minerales

activo disperso. Finalmente la cobertura es solidificada por medios térmicos o entrecruzamiento. La fase de separación acuosa involucra el uso de materiales como gnetina o mezclas de gnetina y goma arábica. Una coacervación simple se presenta cuando sólo la gnetina es inducida a formar microcápsulas. La coacervación compleja utiliza gnetina y un polímero de carga opuesta como goma arábica.

Polimerización interfacial

Este método involucra la disolución de un monómero hidrofóbico polimerizable en un material activo hidrofóbico. La mezcla es dispersada en una fase polar y un catalizador provoca la polimerización del monómero. El polímero es insoluble en la sustancia activa hidrofóbica y depositado como pared alrededor de la sustancia activa. Los polímeros que forman coberturas adecuadas son poliéster, poliamidas, poliuretanos y poliureas.

La polimerización interfacial ocurre entre monómeros disueltos en sus respectivas fases inmiscibles. Los monómeros solubles son dispersados en la fase acuosa por medio de agitación, la membrana de la cápsula es formada por la adición de un monómero orgánico soluble en la fase continua u orgánica.

Las membranas poliméricas de poliaminas, nylon, poliéster o polifeniléster son producidas por la reacción entre el monómero soluble en agua, como poliamina, L-lisina, 1,6-hexametilendiamina, piperidina, o polifenol y un monómero soluble en medio orgánico como sebacoil cloro, 2,2-dicloroéter. Esta técnica recientemente ha sido empleada para encapsular una bacteria ácido láctica para obtener una mayor productividad en las fermentaciones lácticas con bastante éxito.

Materiales de encapsulación

Existe una amplia variedad de materiales para cobertura que pueden ser

usados para encapsular ingredientes alimentarios, donde se incluyen aceites hidrogenados, ceras, maltodextrinas, almidones y gomas. Algunos de los más efectivos son los aceites hidrogenados como el aceite de palma, algodón y soya, que son excelentes formadores de películas capaces de cubrir las partículas individuales, proporcionando una encapsulación uniforme. El uso de goma arábica como matriz encapsulante es común debido a sus características de viscosidad, solubilidad y emulsificación. Otros materiales estudiados son los almidones de papa, maíz, trigo y arroz principalmente. Las dextrinas son formadas por el calentamiento de almidón, en presencia de ácido o base, formando polímeros con alto grado de ramificación, comparadas con almidones no modificados, se mejoran sus características de solubilidad y viscosidad.

Las maltodextrinas son obtenidas a partir de una hidrólisis parcial del almi-

dón de maíz por vía ácida o enzimática. Los polímeros de glucosa producidos pueden variar en longitud y en peso molecular. Sus viscosidades son inferiores a las de la goma arábica y no presentan grupos lipofílicos, por lo que sus propiedades emulsificantes son pobres.

Sus ventajas incluyen sabor tenue, es posible su uso a altas concentraciones de sólidos y mejoran la vida de almacenamiento de aceites esenciales de cítricos. Mezclas de sólidos de maíz, maltodextrinas y almidones modificados permiten un encapsulamiento óptimo. Los alginatos son hidrocoloides extraídos de algas, los cuales reaccionan con iones calcio para la formación de geles estables. Éstos son utilizados para atrapamiento de sabores a temperatura ambiente.

Para obtener las camas, el alginato es emulsificado con el sabor y después adicionado por goteo a una solución de cloruro de calcio. Los materiales que

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS DE
Zeltex Inc.



**INFRARROJO CERCANO
PARA ANALISIS DE
PROTEINA, GRASA O ACEITE,
HUMEDAD**

PARA DETERMINACIONES... DONDE MAS LO NECESITAS... CUANDO MAS LO NECESITAS

<p>TRIGO, ARROZ, MAIZ, AVENA, FRIJOL, SOYA, CEBADA, CANOLA, MOSTAZA, ETC.</p>		<p>MAYONESA, QUESOS, MARGARINAS, MANTEQUILLAS, YOGURT</p>
<p>HARINAS, GALLETAS, PAN</p>	<p>PORTATILES Y DE LABORATORIO</p>	<p>CARNE CRUDA, CARNES FRIAS Y MUCHOS MAS</p>
<p>BOTANAS, FRITURAS</p>		

METODO DE ANALISIS POR TRANSMITANCIA DIFUSA, DETECTOR DE ESTADO SOLIDO, NO REQUIERE DE PREPARACION ESPECIAL DE MUESTRA, CALIBRACIONES PREDETERMINADAS DE FABRICA O CALIBRAMOS DE ACUERDO A SU PRODUCTO

 <p>HUMEDAD EN POLVOS</p>	 <p>GENERADORES DE OZONO</p>	 <p>EQUIPO BASICO DE LABORATORIO</p>
<p>PORATIL PARA LINEAS DE PROCESO EN PAPELERAS</p>	<p>POTABILIZACION DE AGUA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DESINFECCION DE AIRE DESINFECCION DE ALIMENTOS REFRIGERADORES Y CONGELADORES</p>	<p>HORNOS DE SECADO HECHOS A LA MEDIDA</p>
<p>OCTANOS Y CETANOS EN GASOLINA Y DIESEL</p>		<p>INCUBADORAS</p>
		<p>CAMARAS DE HUMEDAD</p>
		<p>MESAS ANTIVIBRATORIAS</p>

PREGUNTE POR NUESTROS PRECIOS AL TEL/FAX 55 37 15 58, 55 37 47 14
syv_tecnologia@terra.com.mx , syv_tecnologia@yahoo.com.mx

tienen como base proteínas como las proteínas de soya, caseinatos y derivados de gretina forman emulsiones estables con saborizantes volátiles. Su solubilidad en agua fría, el potencial para reaccionar con grupos carbonilos y su alto costo limitan su uso potencial.

Métodos de Liberación

Los mecanismos de liberación de las cápsulas se pueden llevar a cabo por una disolución normal en agua, por esfuerzos de cizalla, por temperatura, por reacciones químicas y enzimáticas o por cambios en la presión osmótica. La liberación de componentes de una cápsula puede ser controlada por difusión de la pared de la cápsula o por una membrana que cubre la pared. La permeabilidad a través de la matriz y la solubilidad del componente de la pared de la cápsula influyen en la velocidad de difusión.

El compuesto que va a difundir debe ser soluble en la matriz. Aunque la presión de vapor de sustancias volátiles en cada lado de la matriz puede ser la fuerza que determine la difusión. La selección de una matriz o membrana es importante. La naturaleza química, morfología y temperatura de transición, el grado de hinchamiento y de entrecruzamiento también influyen en la difusión de la membrana aunque pueden disminuir la velocidad de liberación.

Aplicaciones

Las aplicaciones de esta técnica han ido incrementándose en la industria de los alimentos debido a la protección de los materiales encapsulados de factores como calor y humedad, permitiendo mantener su estabilidad y viabilidad. La microencapsulación puede mejorar el sabor y la estabilidad de medicamentos. Las microcápsulas han sido también barreras contra malos olores y sabores. Las microcápsulas ayudan a que los materiales frágiles resistan las condiciones de procesamiento y empaquetado mejorando sabor, aroma, estabilidad, valor nutritivo y apariencia de sus productos.

En la encapsulación de sabores, se reduce su volatilidad o previene reacciones indeseables con otros componentes del alimento aun cuando se almacene por un periodo prolongado.

Cuando se encapsula un sabor, para que sea liberado rápida y efectivamente en la boca, se recomienda utilizar materiales solubles en agua como almidones y dextrinas. En el caso de encapsulación de vitaminas, minerales y otros nutrientes, éstos son liberados después de haberse consumido. Como la liberación se lleva a cabo en el estómago o el intestino, permite una máxima absorción de los compuestos con un mínimo de reacciones adversas. Los encapsulantes usados para esta aplicación son de naturaleza hidrofóbica como grasas y ceras, pero también se usan derivados de celulosa.

El transporte selectivo de un agente terapéutico al sitio de acción puede optimizar la respuesta biológica o la liberación de una molécula activa dentro del medio ambiente seleccionado.

Conclusiones

No obstante el desarrollo en las técnicas de encapsulación, existe mucha demanda para el control y liberación de ingredientes en alimentos, fármacos y microorganismos. Por ello deben desarrollarse nuevas aplicaciones y es conveniente que los avances en el estudio de la encapsulación continúen.

En particular, la coacervación se vislumbra como una promesa debido a que sus costos de proceso pueden ser reducidos y a que sustancias como los sabores son más estables después de procesos que involucran calentamiento, tratamiento en microondas y freído. Una de las limitaciones en las técnicas de encapsulación son los altos costos de producción y la falta de disponibilidad de materiales que puedan utilizarse.

Las mezclas de almidones y maltodextrinas como materiales

encapsulantes pueden proporcionar grandes beneficios. Finalmente, el empleo de nutracéuticos y el desarrollo de nuevas combinaciones de sabores y aromas incrementan la necesidad de mejorar los mecanismos de protección y liberación para aumentar su vida útil, permitiendo nuevos desarrollos en el campo de la encapsulación.

Referencias

1. G. O. Fanger, Microencapsulation (Plenum Press, Nueva York, 1974).
2. L.M. Popplewell et al., Food Technol. 5, 76 (1995).
3. G.A. Reineccius, Food Technol. 144, (1991).
4. M.I. Ré, Drying Technol. 16, 1195 (1998).
5. S.J. Jackson, y K. Lee, Lebensmittel-Wissenschaft & Technol. 24, 289 (1991).
6. S.J. Risch, y G.A. Reineccius, Flavor Encapsulation (Amer. Chem. Soc., Washington, 1998).
7. C.S. Brazel, Cereal Foods World 44, 388 (1999).
8. D. Gorski, Dairy Foods 95, 39 (1994).
9. G.J. Hoch, Food Process 58, 49 (1997).
10. Z.H. Qi, y M.L. Romberger, Food Struct. 17, 207 (1998).
11. D.E. Pszczola, Food Technol. 52, 70 (1998).
12. C. Onwulata et al., J. Food Sci. 59, 316 (1994).
13. M. Rosenberg y S. Young, Food Struct. 12, 31(1993).
14. F. Shaidi y X.Q. Han, Crit Rev. Food Sci. Nut. 33,501 (1993).

*Los autores son miembros del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del Cinvestav.

Fuente:

Avance y Perspectiva Vol. 21
Septiembre-Octubre 2002, México.