

Desde hace tiempo la tecnología de microencapsulación ha sido utilizada para evitar la degradación de propiedades biológicas y fisicoquímicas de aquellas sustancias que forman parte de matrices más complejas y están expuestas a condiciones que le son perjudiciales. Además de ello este método presenta otras aplicaciones de gran interés en diversos sectores. La microencapsulación es definida como una técnica de empaquetamiento de materiales sólidos, líquidos o gaseosos a través de la aplicación de una cubierta delgada denominada pared, sobre partículas de tamaño del orden de los micrones. De esta forma se obtienen microcápsulas que consisten de una membrana semipermeable, fuerte y delgada de un material polimérico que rodea y contiene a la sustancia de interés, denominada centro o núcleo activo. Estas microcápsulas pueden liberar su contenido a velocidades controladas bajo condiciones específicas a la vez que protege al compuesto encapsulado de la luz y el oxígeno, cumpliendo de esta manera su función de conservación de propiedades biológicas o fisicoquímicas. Las sustancias que pueden ser microencapsuladas son vitaminas, minerales, colorantes, prebióticos, probióticos, saborizantes, antioxidantes, aceites esenciales, enzimas, drogas e incluso fertilizantes.

El origen de la microencapsulación se remonta al año 1931 cuando se publicó un trabajo de investigación que describía la formación de microcápsulas de gelatina según un procedimiento que se denominó "coacervación". Esta técnica se sometió a diversas variaciones durante los años 40 y su aplicación más importante fue dirigida a la encapsulación de colorantes para la elaboración del papel de calco. En ese entonces, este papel consistía en una fina película de microcápsulas adherida a una hoja de papel, de tal modo que la presión ejercida por el bolígrafo sobre el papel provocaba la fractura de las microcápsulas con la resultante liberación del marcador dejando, de esa manera, la impresión en la hoja de copia. Años más tarde, se hallaron interesantes aplicaciones de la microencapsulación en diversos sectores industriales. Actualmente es usada en la industria textil, metalúrgica, química, alimenticia, cosmética, farmacéutica y en medicina.

En la industria farmacéutica esta técnica ha sido utilizada en una gran cantidad de aplicaciones, y en la actualidad continúa en plena expansión y se cuenta con innumerables posibilidades de desarrollo para el futuro. Hasta el momento se ha usado para la fabricación de microgránulos de acción sostenida, para evitar la evaporación de sustancias volátiles (aceites esenciales), para proteger de la luz y humedad sustancias sensibles a ellas, como las vitaminas A, K y C, para integrar en un mismo sistema sustancias incompatibles entre sí, para encubrir el olor y sabor desagradable de algunos medicamentos, entre otros usos. En la industria agropecuaria se utiliza en algunos insecticidas, fungicidas y en los fertilizantes de cesión lenta. En cosmética y perfumería es también frecuente su uso, como en la aplicación de sustancias odoríferas sobre superficies que entregan el perfume una vez que se frotan suavemente, por ejemplo para las muestras de fragancias que se colocan en catálogos o revistas.

Respecto a su empleo en la industria de alimentos, puede afirmarse que las aplicaciones se han incrementado ampliamente como consecuencia de la protección que brinda esta técnica a los materiales encapsulados de factores como el calor, la humedad, el oxígeno, etc., otorgándoles mayor estabilidad y durabilidad. Las microcápsulas ayudan a que determinados compuestos, como pueden ser vitaminas, minerales, saborizantes y otros, usados en la formulación de un producto resistan las condiciones de procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, etc., mejorando de esta forma el sabor, aroma, estabilidad, valor nutritivo y apariencia del alimento elaborado.

APLICACIONES EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

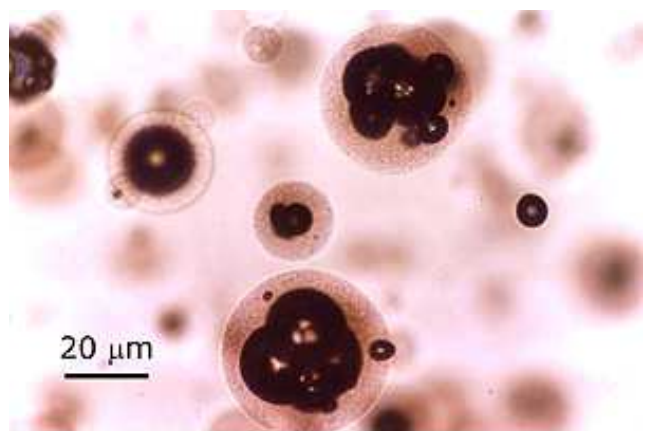
Como se mencionó, la técnica de microencapsulación tiene diferentes propósitos en el área de los alimentos que dependen principalmente del tipo de producto al que se aplica y de la sustancia o principio activo que se microencapsula. Las principales aplicaciones en esta industria permiten cumplir alguno de los siguientes objetivos:

- Disminuir la volatilidad o velocidad de evaporación de la sustancia microencapsulada hacia el medio externo.
- Provocar o permitir la liberación controlada y de manera gradual de la sustancia recubierta, bajo condiciones específicas de humedad, pH, tensión del sistema, acción de enzimas, etc.
- Reducir la exposición del material central a factores externos, principalmente en aquellas sustancias sensibles al calor, la luz o la humedad y en caso de compuestos altamente reactivos que tienden a oxidarse fácilmente en presencia de oxígeno.
- Facilitar la manipulación de la sustancia que se microencapsula, ya que mediante esta técnica se puede convertir un material líquido a estado sólido. Además con ello se previene la agregación y en procesos de mezclado se asegura que la sustancia de interés se encuentre uniforme en la mezcla.
- Enmascarar el mal sabor o el mal olor de algunas sustancias usadas como aditivos en alimentos.
- Introducir en una matriz aquellas sustancias bioactivas de los alimentos para impedir que se pierdan y protegerlas de la reacción con otros compuestos.

MATERIALES DE PARED O RECUBRIMIENTO

Cuando se diseña un proceso de microencapsulación el primer paso es la elección apropiada del material de recubrimiento. Esto será determinante al momento de evaluar la liberación de la sustancia encapsulada ya que dependerá de la permeabilidad que presente el recubrimiento.

La elección se hace en base a una amplia variedad de polímeros sintéticos y naturales, los cuales pueden mezclarse a fin de obtener propiedades de barrera y mecanismos de liberación específicos. Además de ello el recubrimiento deberá presentar ciertas características que dependerán del tipo de



Microfotografía de aceite de pescado microencapsulado obtenido en INTI-Química. Detalle de las microcápsulas.
Fuente: <http://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc38/inti7.php>

sustancia a microencapsular, tipo de proceso de microencapsulación al que será expuesto y destino final de las microcápsulas obtenidas.

Pueden mencionarse algunas propiedades que debería tener un material ideal, destinado a ser usado como recubrimiento en un proceso de microencapsulación en alimentos:

- ◆ Baja viscosidad a altas concentraciones.
- ◆ Baja capacidad de absorción de la humedad atmosférica a fin de evitar su aglomeración y facilitar su manipulación.
- ◆ Capacidad de estabilizar en una emulsión el material central.
- ◆ No reaccionar con el material central y ser insoluble en él.
- ◆ Ser soluble en la matriz alimenticia donde se adicionará finalmente.
- ◆ Proporcionar máxima protección a la sustancia o principio activo que encierra.
- ◆ Permitir la liberación completa de solventes u otros materiales usados durante el proceso de encapsulación.
- ◆ No poseer sabor.
- ◆ Ser de bajo costo.

Características de algunos materiales de recubrimiento usados en la microencapsulación de aditivos alimenticios (Madene, A, 2006)

| Material de recubrimiento | Característica de interés |
|----------------------------------|------------------------------------|
| Maltodextrina | Formador de película |
| Sólidos de jarabe de maíz | Formador de película |
| Almidón modificado | Muy buen emulsionante |
| Goma arábica | Emulsionante, formador de película |
| Celulosa modificada | Formador de película |
| Gelatina | Emulsionante, formador de película |
| Ciclodextrina | Emulsionante, encapsulante |
| Lecitina | Emulsionante |
| Proteína de suero | Buen emulsionante |
| Grasa hidrogenada | Barrera al oxígeno y humedad |

Mecanismos de liberación de la sustancia encapsulada

Es de sumo interés que el material formador de pared o recubrimiento permita el escape de la sustancia encapsulada o centro activo a un tiempo determinado, mediante algún mecanismo de liberación. Estos pueden ser de los siguientes tipos:

Disolución o fusión

La integridad de la cápsula se destruye por acción del calor o por disolución en un solvente adecuado. Los recubrimientos de materiales hidrosolubles se disuelven fácilmente con el aumento de la humedad, por adición de agentes químicos o de sales. La acción del calor se usa para aquellos recubrimientos a base de lípidos (bajo punto de fusión), que funden y liberan el centro activo.

Liberación física

Consiste en la rotura del material de pared por acción de fuerzas externas, como presión o fricción. La masticación es el principal mecanismo de liberación de este tipo, aunque sucede también durante el mezclado de las materias primas.

Difusión

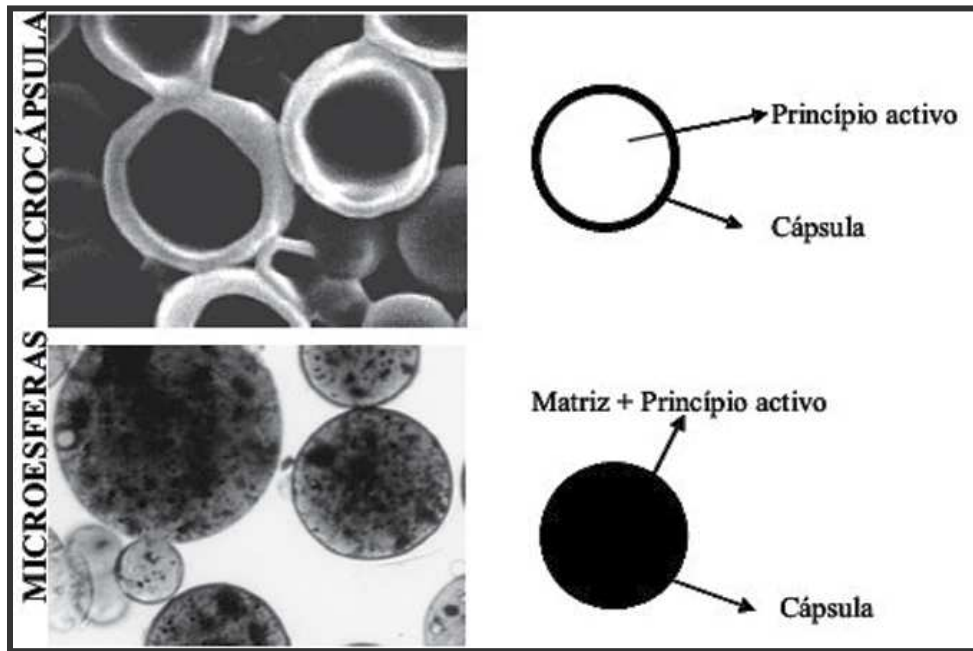
Este proceso es regido por el gradiente de concentración y por las fuerzas de atracción intermoleculares (fuerzas de Van der Waals, puentes de hidrógeno, etc.), grado de entrecruzamiento y cristalinidad. Asimismo está controlado por la solubilidad y permeabilidad del material central en el material de pared. Los métodos físicos de microencapsulación tienen como objetivo la formación de una estructura de baja permeabilidad al centro activo, al oxígeno y otros compuestos, y con una temperatura de transición vítrea elevada. Como se mencionó antes, la permeabilidad del material de pared varía con cuando se varían determinadas condiciones como temperatura o humedad. Levine *et al.*, estudió los principios fisicoquímicos de la transición vítrea y concluyó que la liberación del centro activo ocurre por difusión en la transición del estado vítreo al gomoso, por calentamiento de la matriz. La velocidad de la difusión aumenta con el incremento de la temperatura. Por esto último se puede afirmar que la estabilidad de la cápsula depende de que su temperatura de transición vítrea sea superior a la temperatura de almacenamiento.

TÉCNICAS DE MICROENCAPSULACIÓN

La selección del método que se aplicará para llevar adelante la microencapsulación está determinada por los costos, el tamaño y tipo de estructura que deberán tener las microcápsulas, el mecanismo de liberación del principio activo que se desee y las propiedades físicas y químicas del material de pared.

El producto resultante de los distintos procesos tecnológicos que se describen a continuación, recibe la denominación de “microesfera” ó “microcápsula”, dependiendo de cual sea su morfología y estructura interna. En el primer caso, el centro activo, que puede ser de naturaleza líquida o sólida, se encuentra incluido en una especie de reservorio recubierto por una fina película de polímero de pared. En el caso de las microesferas, el principio activo se encuentra altamente disperso bajo la forma de diminutas partículas o de moléculas en una matriz de material que puede ser lo mismo del recubrimiento. La obtención de un tipo de estructura u otro, depende de las propiedades fisicoquímicas de la sustancia encapsulada y del material de recubrimiento, así como del proceso

tecnológico elegido. Igualmente en este informe se usará el término general de micropartículas sin diferenciar qué tipo de morfología y estructura interna presenta.



Estructura de microesferas y microcápsulas

Fuente: (2007) Microencapsulación de compuestos de actividad biológica. Lopretti, M.; Barreiro, F; Fernandes, I; Damboriarena, A.; Ottati, C.; Olivera, A.

Las técnicas de encapsulación pueden dividirse en tres grupos según los principios usados en su desarrollo:

PROCESOS QUÍMICOS

Coacervación

Con la designación de “coacervación” o separación de fases, se definen a un grupo de técnicas de microencapsulación que se basan en la inducción, mediante la modificación de alguna variable de proceso, de la desolvatación del polímero, que luego se deposita en forma de gotas microscópicas de coacervado alrededor del compuesto que se va a encapsular. El término “coacervación” fue introducido en la química de los coloides por Bungenberg de Jong y Kruyt en 1929 para describir el fenómeno de agregación macromolecular o separación de fases líquidas que tenía lugar en el seno de un sistema coloidal. Se obtienen dos fases líquidas, una rica (coacervado) y otra pobre en coloides (sobrenadante). La coacervación es una etapa intermedia entre disolución y precipitado; es decir, conlleva una desolvatación parcial en contraposición a la desolvatación exhaustiva asociada al proceso de precipitación. Cualquier factor que induzca la desolvatación del polímero producirá el fenómeno de coacervación. Entre los procedimientos inductores de la coacervación se pueden mencionar: cambios de temperatura, modificación del pH y adición de un “no solvente”, una sal o un polímero incompatible.

El proceso de microencapsulación por coacervación consta de las siguientes etapas:

- *Dispersión*: se realiza la agitación de la sustancia que se va a encapsular (líquido o partículas sólidas) en una solución del polímero/s formador/es de pared.

- *Inducción*: se induce la coacervación por alguno de los procedimientos señalados. Se observa que el sistema sufre una opalescencia y, al microscopio óptico, las gotas microscópicas de coacervado presentan una apariencia semejante a la de una emulsión.
- *Deposición*: adsorción de las gotas de coacervado alrededor del compuesto que se va a encapsular. El sobrenadante, en principio turbio, se va clarificando a medida que transcurre el proceso de coacervación.
- *Coalescencia*: las gotas microscópicas de coacervado forman una cubierta continua alrededor de los núcleos.
- *Endurecimiento*: se somete al sistema a un enfriamiento, y se añade (de manera opcional) un agente reticulante, con lo que se logra dar rigidez a la cubierta de coacervado. Finalmente, las microcápsulas obtenidas son aisladas por centrifugación o filtración.

La coacervación puede ser en fase acuosa o en fase orgánica.

- Coacervación en fase acuosa

Este método implica la utilización de agua como disolvente y un polímero hidrosoluble como material de recubrimiento, y permite la encapsulación de compuestos insolubles en agua. El compuesto de interés es dispersado directamente en la solución polimérica o en un aceite que es a su vez emulsionado en la solución polimérica. Este tipo de coacervación puede ser simple o compleja, dependiendo principalmente de la cantidad de polímeros utilizados.

En el caso de una coacervación acuosa simple, se utiliza un único polímero para formar la cápsula, mientras que en la compleja, el proceso de separación de fases tiene lugar de forma espontánea cuando en un medio acuoso se mezclan dos o más polímeros que presentan cargas opuestas (policación y polianión), como consecuencia de la atracción electrostática que sufren.

- Coacervación en fase orgánica

Esta técnica utiliza polímeros solubles en disolventes orgánicos. El polímero se disuelve bajo determinadas condiciones en un disolvente orgánico de naturaleza apolar y el material que se va a encapsular se suspende o emulsiona en la solución polimérica. A continuación, por el procedimiento descrito se produce la desolvatación del polímero que se deposita alrededor del núcleo.

Encapsulación por liposomas

Los liposomas son vesículas microscópicas esféricas, de 20 a 30 nanómetros de diámetro, que están rodeadas por una membrana compuesta de un fosfolípido y un colesterol bicapa, que envuelve a una sustancia acuosa de tal manera que sirven para transportar esta sustancia.

Este tipo de cápsula ha sido utilizada, inicialmente en la industria farmacéutica, en la liberación de vacunas, hormonas, enzimas y vitaminas y luego se aplicó en la industria de cosméticos. Su ventaja radica en la facilidad con la que se varía la permeabilidad, estabilidad, actividad superficial y afinidad de los liposomas con sólo cambiar la composición y el tamaño de los lípidos de la membrana. Asimismo se debe mencionar que durante el

almacenamiento se deberá evitar la exposición al oxígeno así como también a las temperaturas elevadas. Además este método de microencapsulación requiere de la adición de antioxidantes.

PROCESOS FÍSICOS

Secado por Spray

Es el método más utilizado y el de menor costo. El proceso demanda tres etapas básicas: la formación de la emulsión entre el material central y el de pared, la homogenización y la aspersión. La emulsión se atomiza dentro de una corriente de aire caliente. Al evaporarse el agua los sólidos remanentes forman una cápsula rodeando a la sustancia de interés por atracción másica, la exclusión instantánea del agua mantiene la temperatura del centro por debajo de los 100°C. La recolección de las microcápsulas obtenidas se realiza mediante ciclones.

Los parámetros más importantes que deben controlarse durante este proceso son: las temperaturas de entrada y salida del aire de secado, el flujo de alimentación del producto a secar el tiempo de residencia y el acondicionamiento de la materia prima. Comparado con otros métodos mencionados, el secado por spray presenta una eficiencia de encapsulación relativamente alta.

Generalmente los materiales de pared usados para microencapsulación por secado por spray son goma arábica, maltodextrina, almidón y carbometilcelulosa.

Las principales ventajas de esta técnica son la disponibilidad de equipos a distintas escalas (laboratorio, piloto, industrial), la buena estabilidad del producto final, la adecuada retención de volátiles y la posibilidad de producir a gran escala en modo continuo.

Recubrimiento en lecho fluidizado

Este método se utiliza cuando la sustancia que ocupa el centro de la microcápsula es un sólido. El proceso consiste en situar a las partículas sólidas en una cámara con corriente de aire hacia arriba, donde el material de pared se atomiza. Las partículas hacen ciclos aleatorios dentro de la cámara con el fin de recibir sucesivas capas delgadas. Esto último permite la aplicación de diferentes tipos de materiales de pared, tanto aquellos que funden fácilmente (aceites vegetales hidrogenados, estearinas, ácidos grasos, ceras) como polisacáridos (almidones, gomas y maltodextrinas). La corriente de aire desplaza a las partículas recubiertas hacia la parte superior, donde se produce la solidificación y finalmente caen en la malla metálica. La cantidad de partículas cubiertas depende de la longitud de la cámara y del tiempo de residencia dentro de ésta.

El recubrimiento por lecho fluidizado es un proceso complejo de transferencia de calor y masa que involucra diferentes microprocesos, como la producción y la dispersión de gotas, la evaporación del solvente, la transferencia de calor y el comportamiento de las partículas en el lecho fluidizado. Es por esto que para el escalamiento de un proceso de estas características, es necesario determinar previamente las condiciones de operación a escala laboratorio para luego aplicarlas en producciones a gran escala. La aplicación de este proceso se realiza ampliamente para la producción de microcápsulas destinadas a la industria farmacéutica.

Extrusión

La extrusión constituye el segundo proceso más usado, después del secado por aspersión, para la encapsulación de saborizantes. Este método consiste en el paso de una emulsión formada por la sustancia activa que se desea encapsular y el material de pared, a través de un extrusor (equipo que da forma por presión a una masa fluida) a alta presión. Debido al calor al que se somete al material activo, este proceso no es adecuado para la microencapsulación de compuestos sensibles a las temperaturas elevadas.

Un proceso típico involucra la mezcla del o de los saborizantes con jarabe de maíz o almidón modificado a alta temperatura, con la posterior extrusión de la mezcla para formar *pellets* dentro de un baño con un disolvente frío, como el isopropanol. Este disolvente solidifica el jarabe en un sólido amorfo debido al choque térmico, bañando los saborizantes y logrando aumentar con este proceso su vida útil. Además, la forma sólida de los saborizantes facilita su uso. Mediante este mismo proceso la vitamina C (ácido ascórbico) y los colorantes pueden tener una vida de almacenamiento superior a dos años, ya que se protegen de la oxidación. La aplicación de este método en el procesamiento de alimentos incluye bebidas, pasteles, gelatinas o postres.

Aspersión por enfriamiento o congelación

Estos métodos son una variante del secado por aspersión, los materiales de pared usados en este caso deben presentar punto de fusión bajo, como son las ceras, grasas o aceites hidrogenados. Estos son sometidos a un proceso de fusión en lugar de ser atomizados y las partículas se forman a través del enfriamiento. La reducción de la temperatura produce una solidificación del lípido que actúa como pared y el atrapamiento de la sustancia activa en el centro de la cápsula. Las microcápsulas así obtenidas protegen al centro activo de la humedad, ya que 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. La liberación del principio activo se lleva a cabo a la temperatura de fusión del recubrimiento.

Las coberturas o materiales de pared más utilizados en el caso de aspersión por enfriamiento son aceites vegetales y para la aspersión por congelamiento son aceites vegetales hidrogenados. Mediante esta técnica pueden encapsularse sustancias líquidas sensibles al calor y aquellos materiales insolubles en disolventes convencionales.

La aspersión por enfriamiento es usualmente empleada para encapsular sulfato ferroso, vitaminas, minerales o acidulantes. Asimismo las aplicaciones más comunes de la aspersión por congelación incluyen el secado de sopas y de alimentos con alto contenido de grasa.

PROCESOS FÍSICOQUÍMICOS

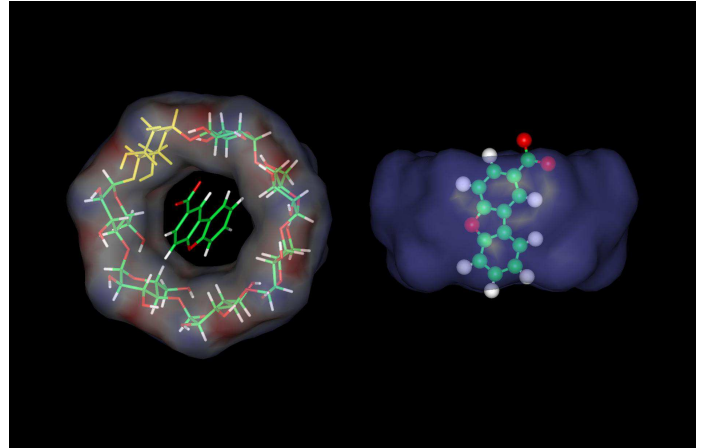
Inclusión molecular

Es una técnica de encapsulación a nivel molecular para la cual se utiliza beta-ciclodextrina como agente encapsulante. Es usada principalmente para la microencapsulación de flavors (sabores, olores) los cuales son generalmente lipofílicos por lo que se deben incorporar en matrices alimentarias que contengan grasas o aceites para poder solubilizarlos y dispersarlos correctamente. La microencapsulación permite la transformación de estos aceites

responsables de los sabores en los alimentos, en sólidos que presentan como ventaja la solubilización directa y la dispersión uniforme.

El uso de ciclodextrinas en el proceso de inclusión molecular se debe a que presentan una estructura circular con los grupos hidroxilos posicionados del lado externo. Como consecuencia de esto la ciclodextrina es anfifílica y tiene por ende, dos zonas con propiedades distintas: una parte interior hidrofóbica y una parte exterior hidrofílica, que le permite formar complejos supramoleculares en solución acuosa con una molécula que se aloja dentro de su cavidad. Esto último es el método usado para la formación de las microcápsulas por inclusión molecular.

La estabilidad térmica de la estructura que forma la ciclodextrina con el material central, permite que las microcápsulas obtenidas puedan usarse en procesamiento de alimentos a altas temperaturas. Sin embargo, se debe aclarar, que la combinación de altas temperaturas y humedad puede llevar a la liberación parcial del ingrediente de inclusión.



Fuente: <http://www.unav.es/adi/servlet/Web?nexus=4000001586>

CARACTERIZACIÓN DE LAS MICROCÁPSULAS

Las microcápsulas obtenidas por cualquiera de los métodos descritos deben ser caracterizadas y controladas mediante ensayos que aseguren su calidad y homogeneidad, así como su comportamiento y funcionalidad en la matriz alimentaria. Los principales parámetros que se analizan para tal fin son:

❖ Características morfológicas, tamaño de partícula y estructura interna.

Para analizar la morfología de las microcápsulas, se aplican generalmente técnicas de microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido (SEM) que también permiten detectar la posible agregación de las partículas y determinar su tamaño. La observación por microscopía electrónica de barrido de los cortes transversales de las micropartículas permite caracterizar la estructura interna.

El tamaño y la distribución de tamaños de las microesferas se determinan empleando técnicas microscópicas directas, técnicas de tamización o sedimentación, técnicas de difracción de rayos láser y el método Coulter Counter[®] (usado para contar y medir el tamaño de partículas mediante la detección y medición de los cambios en la resistencia eléctrica cuando una partícula suspendida en un líquido conductor pasa a través de una pequeña apertura).

❖ Rendimiento de producción.

Este índice refleja el porcentaje de microcápsulas obtenidas respecto a la cantidad total de material empleado (sustancia de interés + polímero de pared). Se trata de un control

fundamental en cuanto a lo económico si se tiene en cuenta el elevado costo de la mayoría de los polímeros y de las sustancias o principios activos utilizados.

❖ **Eficacia de la encapsulación y contenido de la sustancia encapsulada.**

Para cuantificar la cantidad de sustancia de interés contenida en las micropartículas, se debe disolver previamente el polímero formador de pared en un disolvente adecuado o extraer la sustancia utilizando un disolvente en el cual esta es soluble y el polímero insoluble.

El contenido de la sustancia encapsulada se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Contenido s. e. (\%)} = \text{Cantidad de sustancia encapsulada} \times 100$$

Interesa que tanto el contenido en sustancia encapsulada como la eficacia de encapsulación sean lo más elevados posibles. Es decir, es importante incorporar la mayor cantidad posible de sustancia encapsulada por peso de micropartículas a fin de que el peso final de la formulación no sea excesivo. Asimismo es importante para lograr un buen rendimiento de producción que toda o prácticamente toda la sustancia de interés utilizada en el proceso sea encapsulada.

Además de estos estudios, se deberán realizar controles para detectar disolventes orgánicos residuales (técnicas de cromatografía de gases) en los casos en que las micropartículas sean obtenidas por procesos que impliquen la utilización de disolventes. Si las micropartículas son formuladas en suspensiones, un objetivo fundamental es minimizar la difusión de la sustancia encapsulada al medio suspensor y mantener las propiedades originales de las micropartículas durante el almacenamiento, para lo cual se deben llevar a cabo estudios de estabilidad.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA MICROENCAPSULACIÓN

VENTAJAS

- ❖ Brinda protección al centro activo de la degradación producida por agentes externos (calor, aire, luz, humedad).
- ❖ Las sustancias microencapsuladas se liberan gradualmente de la matriz o pared donde se encuentran, con lo que se obtienen productos con mejores características sensoriales y nutricionales.
- ❖ Permite la transformación de sustancias activas líquidas en sólidas, facilitando su manipulación en la industria.
- ❖ Estabiliza sustancias de interés que si no se microencapsulan son inestables, por ejemplo vitaminas y carotenos.
- ❖ La aplicación de la microencapsulación de aceites esenciales en alimentos, previene la volatilización y extiende la vida útil de estos compuestos biológicos.

DESVETAJAS

- ❖ En el proceso de microencapsulación se pierde una fracción importante de la sustancia de interés que forma el centro activo.
- ❖ Inestabilidad de las proteínas frente a la microencapsulación.
- ❖ Costos de equipamiento y dificultad de llevar a cabo algunos procesos en continuo.
- ❖ Se debe continuar investigando y desarrollando nuevos métodos de encapsulación así como formularse materiales de pared que garanticen las condiciones de protección requerida por las distintas sustancias encapsuladas.

FUENTES CONSULTADAS

- (2010) Selección de un sistema de atomización para la formación de micropartículas de Eudragit® S100 en lecho fluido. Judith Elena Camacho, Laura Fernanda Villamizar, Martha Isabel Gómez.
- (2007) Yáñez Fernández J., Salazar-Montoya JA, Chaires Martínez L, Jiménez Hernández J, Márquez Robles M y Ramos Ramírez EG. 2002. Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación. Avance y Perspectiva 21:313-19
- Capacidad antimicrobiana de microencapsulados de goma arábica leche, frente a microorganismos mesófilos y psicrótrofos. Boiero, M. Laura; Gónzales Estévez, Virginia; Allasia, Mariana; Sarmiento, Paula Victoria. Argentina
- (2004) Encapsulación de aditivos para la industria de alimentos. Angélica Sandoval Aldana, Eduardo Rodríguez Sandoval, Alfredo Ayala Aponte. Colombia
- (2011) Revisión: Microencapsulación de alimentos. Ricardo Adolfo Parra Huertas. Colombia
- (2011) Microencapsulación, un método para la conservación de propiedades fisicoquímicas y biológicas de sustancias químicas. Heriberto Castañeta; Rómulo Gemio; Waldo Yapu, Jorge Nogales.
- (2007) Microencapsulación de compuestos de actividad biológica. Lopretti, M.; Barreiro, F; Fernandes, I; Damboriarena, A.; Ottati, C.; Olivera, A.