



Tecnologías para la Industria Alimentaria – Microencapsulación



Ministerio
de Economía
República Argentina

Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca

Microencapsulación

La integración de tecnología en la industria alimentaria es fundamental para aumentar la competitividad, optimizar procesos, reducir costos y garantizar productos de alta calidad. Por este motivo, desde la Dirección Nacional de Alimentos y Desarrollo Regional hemos elaborado esta ficha, que ofrece un análisis integral sobre el uso, la disponibilidad, las consideraciones regulatorias, la legislación aplicable y las oportunidades que esta tecnología presenta en mercados nacionales e internacionales. Esta herramienta busca proporcionar soluciones innovadoras adaptadas tanto a pequeñas como a grandes empresas.

ÍNDICE

Introducción	03
Aplicaciones en la industria alimentaria	04
Materiales de pared o recubrimiento	05
Técnicas de microencapsulación	06
Coacervación	07
Secado por aspersión	09
Recubrimiento en lecho fluidizado	10
Liofilización	11
Extrusión	11
Gelificación iónica	12
Encapsulación por liposomas	12
Bibliografía	16

Introducción



La microencapsulación puede definirse como una técnica que envuelve pequeñas partículas sólidas, sustancias líquidas o gaseosas con una cubierta delgada que actúa de barrera, formando micropartículas con tamaños del orden de los micrones.

Las microcápsulas obtenidas consisten en una membrana formada por un material polimérico, semipermeable, fuerte y delgada; que rodea y contiene a la sustancia de interés como moléculas activas, pigmentos, antimicrobianos, compuestos volátiles (ej: aceites esenciales), entre otros; denominada centro o núcleo activo,

La tecnología de microencapsulación se utiliza para proteger a la sustancia encapsulada o núcleo de condiciones que le son perjudiciales, también para facilitar su liberación controlada y para mejorar su estabilidad y solubilidad.

En la industria de alimentos se aplica para proteger compuestos como vitaminas, minerales, ácidos grasos insaturados, probióticos y otros usados en las formulaciones de los productos, para que puedan resistir las condiciones de procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, etc. De esta forma se logra garantizar el sabor, aroma, estabilidad, valor nutritivo y apariencia del alimento.

Su uso es importante para mejorar la calidad y vida útil de los productos alimenticios. En la industria agropecuaria se utiliza en algunos insecticidas, fungicidas y en los fertilizantes de cesión lenta.

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.

El núcleo puede estar formado por uno o más ingredientes y la pared puede ser de una o varias capas. La retención de ese núcleo está regida por su interacción con el material de la cubierta, solubilidad, polaridad y volatilidad.

Las principales aplicaciones en esta industria permiten cumplir alguno de los siguientes objetivos:

- › Disminuir la volatilidad o velocidad de evaporación y toxicidad de los compuestos aromatizantes / saborizantes.
- › Provocar o permitir la liberación controlada de la sustancia recubierta, bajo condiciones específicas de humedad, pH, tensión del sistema, acción de enzimas, etc.
- › Incrementar la durabilidad de los ingredientes bioactivos frente a la luz, el oxígeno, la temperatura y la humedad del aire.
- › Posibilitar la pulverización del material y por lo tanto, aumentar su solubilidad, liquidez y durabilidad de almacenamiento.
- › Controlar la eficacia de la liberación del núcleo.
- › 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.
- › Mejorar la biodisponibilidad de los nutrientes.
- › Facilitar la mezcla uniforme de ingredientes incompatibles / lograr emulsiones más estables.

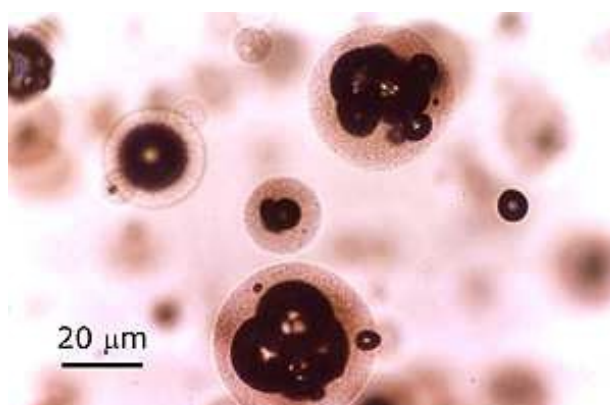
Materiales de pared o recubrimiento



En la microencapsulación de alimentos, se utilizan diversos materiales como pared o recubrimiento para proteger ingredientes activos y controlar su liberación; la selección de un material de pared adecuado es un paso muy importante. Estos materiales incluyen carbohidratos (como almidón, maltodextrina y ciclodextrinas), proteínas (como gelatina, caseína y gluten) y lípidos (como ceras y grasas).

La elección del material depende del tipo de sustancia a encapsular y de las condiciones de liberación (en función de la permeabilidad del recubrimiento), como también de la técnica de microencapsulación a utilizar.

La eficiencia de la encapsulación depende de las características fisicoquímicas de las sustancias encapsuladas. La sustancia del núcleo caracteriza en gran medida la morfología de la cápsula.



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

La mayoría de las microcápsulas son esferas del orden de los micrómetros y se pueden obtener diferentes tipos de partículas dependiendo de las propiedades fisicoquímicas del núcleo, la composición de la pared y de la técnica de microencapsulación utilizada. Las cápsulas pueden ser de un solo núcleo o agrupadas con múltiples capas:

1. Esfera simple envuelta por una capa de espesor uniforme.
2. Partícula conteniendo un núcleo de forma irregular.
3. Varias partículas embebidas en una matriz continua de los materiales de pared.
4. Distintos núcleos con la misma cubierta.
5. Microcápsulas de varias capas.



Ilustración esquemática de diversas morfologías formadas por microencapsulación: (A) microcápsula monocapa y mononuclear, (B) microcápsula multicapa y mononuclear, (C) microcápsula multicapa y multinuclear, y (D) micropartícula.

Fuente <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9416238/#sec7-molecules-27-05142>

Técnicas de microencapsulación



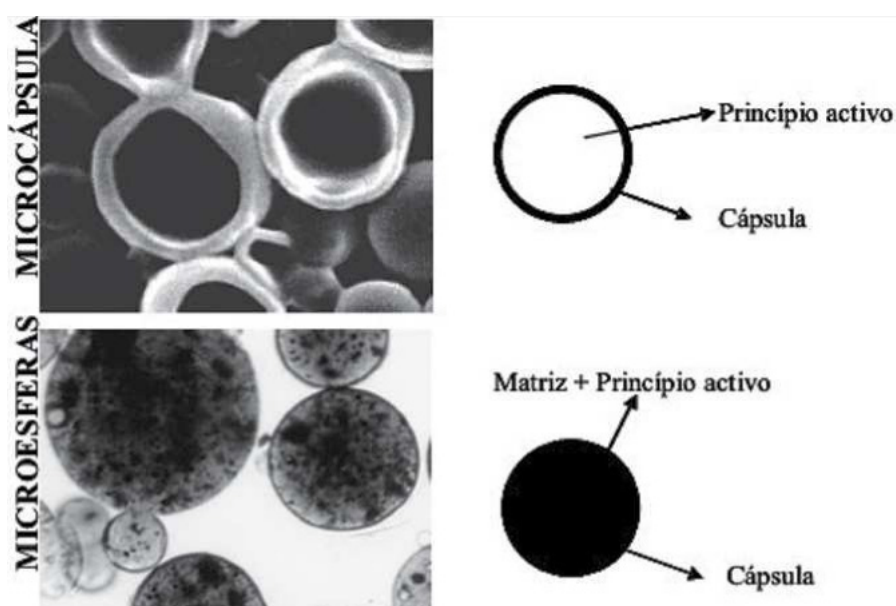
La selección del método de microencapsulación está determinada por los costos, el tamaño y tipo de estructura que deberán tener las microcápsulas, el mecanismo de liberación del principio activo que se desee y las propiedades físicas y químicas del material de pared.

El producto resultante de los distintos procesos tecnológicos que se describen a continuación recibe la denominación de “microesfera” o “microcápsula”, lo cual depende de su morfología y estructura interna.

En el caso de la microcápsula el centro activo, que puede ser líquido o sólido, 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 en una matriz de material que puede ser el 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. En esta ficha se utiliza 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 microencapsulación pueden clasificarse en 3 grupos:

- › Químico. Involucra métodos como la coacervación y polimerización interfacial.
- › Físico. Incluye extrusión, secado por aspersión, recubrimiento en lecho fluidizado y liofilización.
- › Fisicoquímico. Implica técnicas como la gelificación iónica y formación de liposomas.

Coacervación

Este método es el segundo más utilizado en alimentos y es ampliamente utilizada para crear microcápsulas o nanopartículas. Proporciona una alta eficiencia de encapsulación y una liberación controlada que puede depender de la temperatura y de mecanismos físicos y biológicos, asimismo aporta la flexibilidad necesaria para desarrollar una amplia gama de mejoras en productos alimenticios.

Este método se basa en el principio de separación de fases, donde en una solución constituida por uno o más polímeros se dispersa el material de núcleo formando una emulsión o suspensión.

Luego se induce la separación de fases, generalmente mediante cambios en el pH, en la temperatura o en la concentración de iones; para formar la pared coloidal. Esto conduce a la formación de una capa rica en polímeros alrededor de las gotitas del núcleo.

Por último se aplica un tratamiento para estabilizar la pared coloidal como la adición de un agente reticulante, para mejorar su resistencia y durabilidad.

Las microcápsulas se adquieren mediante centrifugación o filtración, seguido de lavado en disolventes específicos y posterior secado mediante procedimientos convencionales como secado por pulverización, liofilización o secado en lecho fluidizado.

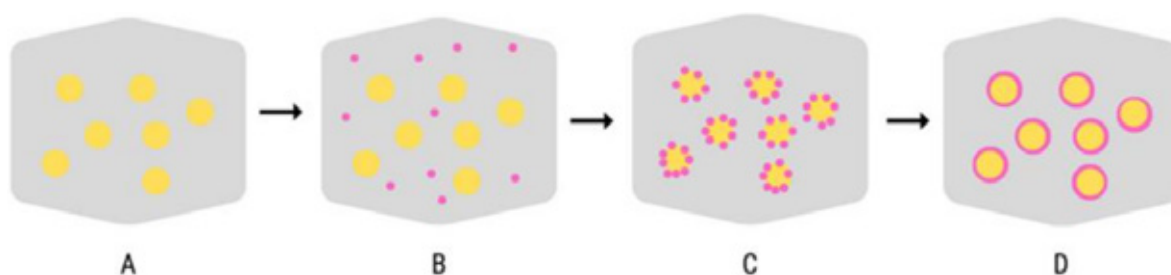


Ilustración esquemática del mecanismo de formación de microcápsulas mediante el método de coacervación: (A) fase líquida, (B) suspensión del material del núcleo en la fase líquida, (C) deposición de polímero líquido alrededor del núcleo, (D) gelificación y solidificación de la pared de la microcápsula..

Fuente <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9416238/#sec7-molecules-27-05142>

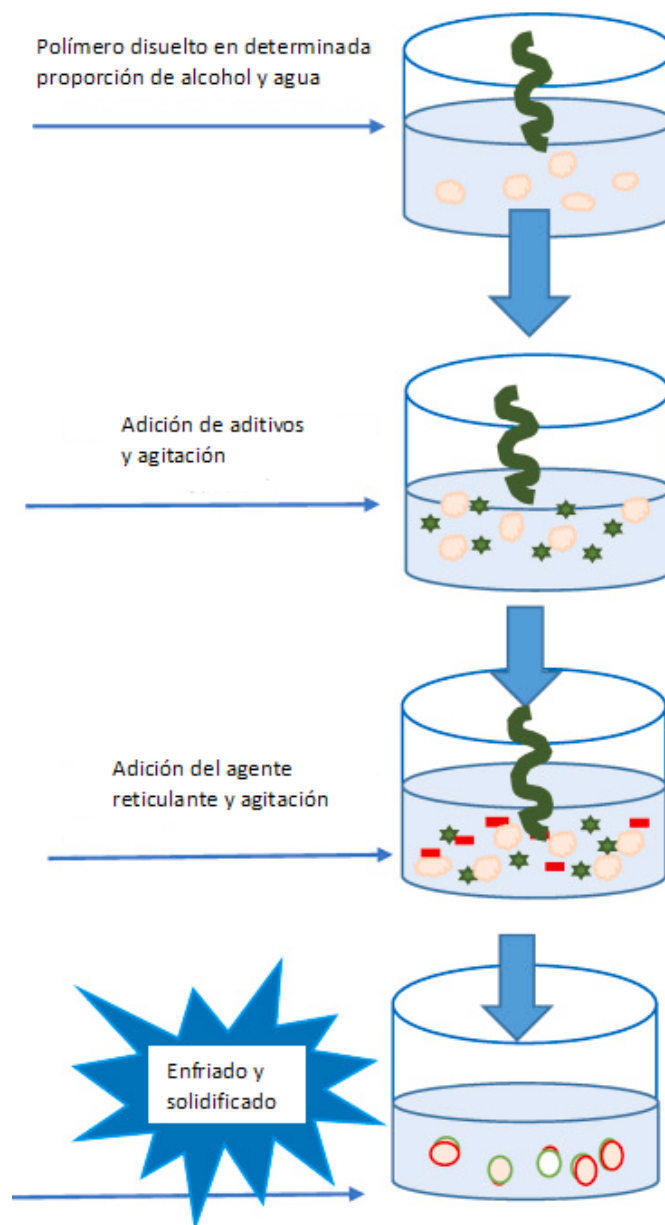
La técnica de coacervación puede ser clasificada en simple o compleja.

En el proceso de coacervación simple se utiliza un solo polímero y la separación de fases se induce alterando las condiciones de la solución, se puede inducir la precipitación del polímero mediante la acción de electrolitos, por desolvatación con un no solvente miscible en agua (ej: etanol) o aumentando / disminuyendo la temperatura.

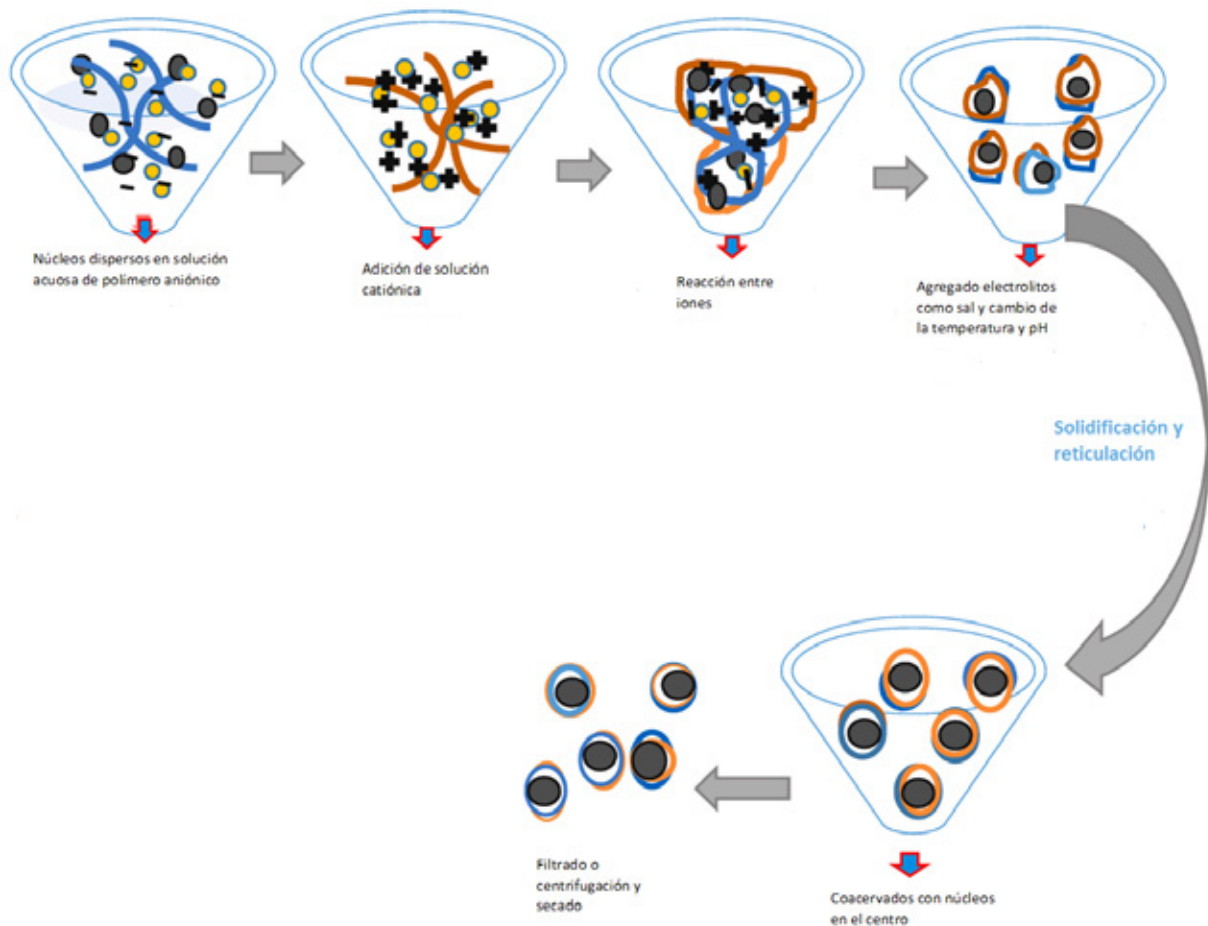
La coacervación compleja es un proceso de separación de fases causado por la interacción de dos o más coloides con carga opuesta (biopolímeros), generalmente proteínas y polisacáridos.

La principal fuerza impulsora de la coacervación compleja es la reducción de la energía electrostática libre resultante de la interacción entre iones con carga opuesta.

Este proceso también está influenciado por parámetros como el pH (la formación de coacervados ocurre en un rango estrecho de pH por debajo del punto isoeléctrico), la fuerza iónica, la relación proteína-polisacárido, la concentración total de biopolímero, el tipo de material del núcleo y la relación núcleo - pared. La velocidad de agitación controla el tamaño de coacervado que se forma. Además, la concentración de polímero debe ser lo suficientemente grande como para causar interacción, pero no tanto como para provocar precipitación. Las microcápsulas preparadas de esta manera son insolubles en agua y resistentes al calor, pero las principales ventajas de la coacervación compleja en comparación con otros métodos de microencapsulación son la mayor eficiencia de encapsulación general y la posibilidad de utilizar liberación controlada.



Fuente:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266615432400468X>



Fuente: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266615432400468X>

El proceso de coacervación utiliza varios materiales de pared, siendo la gelatina y la goma arábica la combinación predominante. No obstante, recientemente se fueron utilizando cada vez más aislados de proteína de suero, albúmina de suero bovino, lactoferrina y otros sustitutos en lugar de la gelatina.

Secado por aspersión

Es el método más utilizado y el de menor costo. Esta técnica es versátil, económicamente robusta, presenta una excelente eficiencia de encapsulación y puede emplearse para la fabricación continua a gran escala.

El proceso tiene 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

Es un método mecánico que consiste en rociar un agente protector sobre la superficie de partículas sólidas. Fue inicialmente creado por la industria farmacéutica, pero en la actualidad es muy utilizado en la industria alimentaria, en la producción de alimentos funcionales.

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.

Liofilización

Es un método bien establecido en el campo de la encapsulación, con una amplia investigación realizada durante varios años, lo que la convierte en una técnica confiable y ampliamente utilizada. No obstante, este proceso requiere mucho tiempo y es significativamente más costoso en comparación con los métodos de secado alternativos. El proceso se describe como una forma de deshidratación que utiliza la sublimación, donde se extrae un solvente congelado al vacío. A continuación, se muele para obtener un polvo. El proceso de sublimación está influenciado por la naturaleza del producto liofilizado, es decir, las condiciones de presión y temperatura. Normalmente, la presión oscila entre 0,05 y 0,1 mBar, mientras que la temperatura varía entre -50 °C y -30 °C.

El enfoque es sencillo y altamente adaptable, ofreciendo una ventaja significativa sobre los métodos existentes gracias a su capacidad para operar a temperaturas más bajas. Esto lo hace ideal para preservar la integridad de componentes funcionales sensibles al calor, como polifenoles y probióticos. Además el contenido de humedad reducido confiere un beneficio a las microcápsulas liofilizadas, ya que pueden integrarse fácilmente en los productos alimenticios. El polvo obtenido con este método mostró superior solubilidad, índice de Carr, relación de Hausner, capacidad de carga, estabilidad a la oxidación y liberación controlada de ingredientes activos.

Extrusión

Este es un método muy utilizado para la encapsulación de saborizantes. 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.

Gelificación iónica

Es un método utilizado para crear micropartículas o nanopartículas aprovechando el contacto electrostático entre cargas de polaridad opuesta.

Esta interacción conduce a la separación del líquido en una fase de gel rica en polímeros y una fase líquida pobre en polímeros. Los polímeros hidrófilos como el alginato de sodio, la gelatina y el quitosano se emplean comúnmente como materias primas en el proceso de gelificación iónica.

Las perlas de hidrogel a menudo se forman agregando gotas de una solución que comprende polímeros y sustancias activas a una solución a base de agua que contiene polielectrolitos catiónicos. La viscosidad de la mezcla inicial, la tensión superficial, las interacciones dinámicas entre las gotas y el fluido de la matriz, la concentración del polímero y el peso molecular del polímero son factores importantes que influyen en el tamaño y la forma de las perlas.

Esta técnica no requiere el uso de solventes orgánicos ni temperaturas elevadas y ofrece beneficios significativos, que incluyen excelente estabilidad, accesibilidad, liberación sostenida efectiva de hidrogeles y una eficiencia de encapsulación que puede alcanzar hasta el 99 %.

La formación de nanopartículas mediante la reticulación de quitosano y tripolifosfato con el fin de encapsular quercetina y miricetina mostró una capacidad de retención significativa del 82 % y 89 % respectivamente, así como una estabilidad mejorada.

No obstante, el enfoque de gelificación iónica se ve obstaculizado por desafíos como el control limitado sobre el tamaño de las partículas, los costosos requisitos de equipos, las condiciones específicas de almacenamiento y las complejidades para ampliar la producción.

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, funcionando como medio de transporte.

Este tipo de cápsula también fue 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 puede variar la permeabilidad, estabilidad, actividad superficial y afinidad de los liposomas con solo cambiar la composición y el tamaño de los lípidos de la membrana. Cabe mencionar que durante el almacenamiento se debe evitar la exposición al oxígeno así como también a las temperaturas elevadas. Además este método de microencapsulación requiere de la adición de antioxidantes.

Ejemplos de técnicas de microencapsulación y su aplicación en alimentos

Técnica y condiciones de microencapsulación	Material de pared	Material de núcleo	Matriz alimentaria
Secado por aspersión (T° de entrada 150 °C; flujo de alimentación de 7 ml/min y flujo de aire de 40 m ³ /h)	Maltodextrina y goma arábica (50:50, p/p)	Extracto de arroz negro Artemide (polifenoles 122 ± 4,6 mg/g de extracto)	Galleta (0,32% de microcápsulas en la formulación, polifenoles totales 975 ± 13 µg/g de galleta)
Coacervación compleja (emulsión aceite/agua, 50 °C, pH 4 y liofilizada)	Gelatina y goma arábica (1:3)	Aceite de pescado rico en omega-3	Jugo de granada (microcápsulas en polvo al 0,04; 0,07 y 0,1 %; es decir 50, 100 y 150 mg de DHA + EPA/L)
Evaporación de disolvente modificada (solución mixta de material de núcleo y recubrimiento, sonicación a 5 °C con una frecuencia de pulso de 5 seg durante 15 min, rociado en alcohol frío y posterior evaporación)	Goma arábica, maltodextrina, almidón modificado (4:1:1)	Sulfato ferroso heptahidratado	Leche de vaca y búfala (1:1), sal de hierro 25 ppm
Coextrusión (equipo de coextrusión con boquillas internas (150 µm) y externas (300 µm), frecuencia de vibración de 300 Hz, presión de 600 mbar y voltaje de 1,5 kV)	Alginato de sodio (1,5% p/p) con quitosano (0,1%) y CaCl ₂ (diferentes concentraciones)	Lactobacillus plantarum 299v y oligofructosa	Jugo de ambarella (más de 107 UFC/mL) y oligofructosa (4%)
Electrospray + mineralización + liofilización (equipo con aguja estéril de acero inoxidable y placa de aluminio con plato colector, voltaje 7,5 kV, flujo 15 ml/h, seguido de la adición de (3-aminopropil)trimetoxisilano y tetrametil ortosilicato) y liofilización a -85 °C durante 20 h	Alginato de sodio (1,0 % p/p) y CaCl ₂ (1,5 % p/p)	Lactobacillus rhamnosus GG	5,2 × 10 ⁶ UFC/ml en jugo de manzana (pH 3,6) and 5,2 × 10 ⁶ CFU/ml en cerveza (5% en peso de contenido alcohólico)
Liposomas + secado por aspersión. Solución de lecitina homogeneizada a alta presión (25.000 psi) seguida de la deposición de capas de quitosano. Condiciones del secador por aspersión: 90 °C de temperatura de salida, 160 °C de temperatura de entrada; 2,5 cm ³ /min de caudal y 0,67 m ³ /min de flujo de aire.	Lecitina (2 % p/p) y quitosano (0,2 %) + maltodextrina (20 %) + lecitina (0,05 %)	Extracto de cereza ácida o guinda	Yogur batido (pH 4,5; 4 mg GAE/100 g)
DHA—ácido docosahexaenoico; EPA— ácido eicosapentaenoico; GAE—equivalentes de ácido gálico. Fuente: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8912024/			

Beneficios e inconvenientes de algunas técnicas comunes de microencapsulación

Técnica de microencapsulación	Proceso	Beneficios	Inconvenientes
Secado por aspersión	Secado de partículas en suspensión o emulsión mediante aire caliente. La solución, emulsión o suspensión se atomiza en el equipo.	Altas tasas de producción y eficiencia.	Galleta (0,32% de microcápsulas en la formulación, polifenoles totales $975 \pm 13 \mu\text{g/g}$ de galleta)
Coacervación compleja	Combinación de 2 polímeros, como proteína y carbohidrato, en un valor de pH y proporción específicos	Liberación controlada de activos. Solubilidad y estabilidad de activos hidrofóbicos. Reducción de la pérdida y volatilidad de compuestos.	Material caro. Restringido a compuestos de bajo peso molecular. Puede formar agregados.
Encapsulación en ciclodextrinas	Complejo de inclusión molecular en un oligosacárido cíclico	Liberación controlada de activos. Solubilidad y estabilidad de activos hidrofóbicos. Reducción de la pérdida y volatilidad de compuestos.	Material caro. Restringido a compuestos de bajo peso molecular. Puede formar agregados.
Enfriamiento por aspersión	Microcápsula formada por lípidos y el compuesto de interés, que se atomizan en una cámara fría dejando una partícula sólida.	Bajo costo de operación. Adecuado para activos sensibles al calor.	Parámetros de escala (fusión, temperatura y presión del aire del atomizador, temperatura de enfriamiento, caudal de alimentación). Liberación rápida de activos. Específico para compuestos hidrofóbicos. Partículas no uniformes. Eficiencia de encapsulación variable.

Extrusión	Proceso físico-mecánico que implica la extrusión del material a través de una boquilla.	Método eficiente en relación a costos y resultados. No requiere para su elaboración: altas temperaturas, uso de disolventes orgánicos, condiciones específicas de pH.	Productos de diferentes formas y tamaños. Dificultades con soluciones viscosas.
Liofilización	Congelación, sublimación (liofilización) y desorción.	Buena opción para compuestos sensibles a la temperatura.	Proceso lento. Textura de poliestireno (rugosa, ligera y porosa). Costo del producto.
Fuente: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8912024/			

Bibliografía



- › <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8912024/>
- › <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9416238/#sec7-molecules-27-05142>
- › <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772753X25000395>
- › <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S266615432400468X>
- › (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 EC. 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 psicrotrofos. 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.



**Ministerio
de Economía**
República Argentina

**Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca**