

MICROENCAPSULACION, UN METODO PARA LA CONSERVACION DE PROPIEDADES FISICOQUIMICAS Y BIOLÓGICAS DE SUSTANCIAS QUIMICAS

Heriberto Castañeta¹, Rómulo Gemio¹, Waldo Yapu¹, Jorge Nogales²

¹Instituto de Investigaciones Químicas-UMSA, ²Carrera de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas

Keywords: Microencapsulation, surfactant, dry, emulsion

ABSTRACT

The present article is a brief bibliographic revision about “microencapsulation” process, one of the important used method for the conservation of physicochemical and biological properties of chemical substances, as well as for other materials of interest, being or not biologically active and showing the importance of its use. A justification about the reason of using this method and a brief description about the previous steps to obtain the product, the formation of emulsions and its stabilization with surfactants; the several materials that are used like cover or agent of encapsulation, and finally a brief discussion on the technique of drying for aspersion.

Corresponding author:

RESUMEN

El presente artículo es una breve revisión bibliográfica sobre el tema de “microencapsulación”, uno de los métodos ampliamente usados para la conservación de propiedades fisicoquímicas y biológicas de sustancias químicas, así como de otros materiales de interés, sean o no, biológicamente activas; mostrando la importancia de su uso. Se justifica por qué se utiliza este método, se hace una breve descripción de los pasos previos a la obtención del producto, tales como, la formación de emulsiones, la estabilización de dichas emulsiones con el uso de surfactantes; los distintos materiales que se utilizan como cubierta o agente encapsulante y finalmente, una breve discusión sobre la técnica de secado por aspersion.

INTRODUCCION

En la actualidad, uno de los métodos más utilizados para la conservación de las propiedades fisicoquímicas de sustancias químicas es la microencapsulación^{1,2,3} asistido por la técnica de secado por aspersion⁴. Se sabe que muchos alimentos, tales como jugos, zumos de frutas, vegetales y compuestos farmacológicos, fácilmente pierden su actividad biológica por oxidación, cuando se exponen al ambiente. Esta situación sugiere la necesidad de aplicar técnicas que impidan esta degradación o reducir los efectos del envejecimiento de las células^{5,6}. La actividad biológica de estos compuestos es de muy corto plazo, debido a la rápida oxidación en condiciones ambientales y a la degradación durante el procesamiento de los alimentos, sucediendo una pérdida total o parcial de los mismos, ocasionando la pérdida de sus propiedades funcionales y limitando su aplicación para productos de consumo humano^{7,8}. Los procesos de encapsulación se iniciaron por la década de 1930 por la National Cash Register⁹ en la que se utilizó gelatina como material encapsulante de un tinte. De ahí en adelante, este método fue ampliamente usado para cubrir y conservar sabores, aromas, sustancias farmacéuticas, etc.; incluso sustancias tóxicas, para evitar su toxicidad y el escape de los mismos. También se ha utilizado para la liberación sostenida o controlada de fármacos, sabores, aromas, perfumes, fertilizantes y otros¹⁰. En la actualidad es muy utilizada en la encapsulación de enzimas, células, sean animales o vegetales, permitiendo que los sustratos y productos entren y salgan de la cápsula, las que pueden ser colocadas en membranas semipermeables para mejorar su función¹¹. Las membranas de nylon han sido empleadas para encapsular y atrapar enzimas como la pepsina, la pectin esterasa para clarificar los jugos, la invertasa para la inversión de sacarosa y la renina para coagulación de leche¹². Una bacteria ácido láctica, *Lactobacillus lactis*, fue encapsulada en alginato y se sugiere que las bacterias inmovilizadas puedan ser usadas para

producir yogurt de manera continua, así como el encapsulamiento de lactobacillus en alginato de calcio para producir ácido láctico¹³.



Figura 1 Representación esquemática de una microcápsula.

La microencapsulación es un proceso mediante la cual ciertas sustancias químicas, sustancias biológicamente activas (sabores, vitaminas o aceites esenciales) y otro tipo de sustancias, son introducidas en una matriz de biopolímeros con el objetivo de impedir su pérdida (figura 1), para protegerlos de la reacción con otras sustancias del ambiente o para impedir que sufran reacciones de oxidación debido a la luz o la presencia de oxígeno⁷. Las sustancias microencapsuladas tienen la ventaja de liberarse gradualmente de la matriz o pared que lo tiene atrapado. Y desde luego, se obtienen productos farmacológicos y productos alimenticios con mejores características sensoriales y nutricionales^{7,15,16}.

FORMACION DE EMULSIONES

Una emulsión es una dispersión coloidal de un líquido en otro inmiscible con él, es un sistema termodinámicamente inestable, dicha inestabilidad se debe al aumento del área (ΔA) durante la emulsificación, que produce un incremento de la energía libre de Gibbs (ΔG):

$$\Delta G = \gamma \cdot \Delta A \quad (1)$$

Donde γ es la tensión superficial. Las emulsiones pueden prepararse mezclando dos líquidos inmiscibles o muy poco miscibles con agitación continua, mediante un equipo homogeneizador.

Desde el punto de vista fisicoquímico, una emulsión se forma mezclando agua con aceite (A/O) por agitación mecánica (emulsión inversa). También se pueden formar emulsiones dobles estableciéndose una matriz (A/O/A) que se elabora en dos etapas: en la primera se emulsiona agua en aceite y en la segunda se reemulsiona la emulsión anterior en una solución acuosa con emulsificantes-estabilizantes (A1/O/A2). De la misma manera se pueden obtener emulsiones simples aceite/agua (O/A) (emulsión directa) y su correspondiente emulsión doble aceite/agua/aceite (O1/A/O2)^{17,18}. Las emulsiones simples directa e inversa, se agrupan en una sola, debido al paso por una inversión de fases de un caso al otro (fig. 2b y 2c). En el caso O/A, normalmente, se introduce la fase oleosa (donde se encuentra la sustancia liposoluble) en un recipiente que contiene la fase acuosa, la cual es agitada. Dependiendo de la solubilidad del (los) tensoactivo(s) que serán utilizados, éstos se adicionan a una de las dos fases¹⁹. En el caso A/O, la fase (o solución) acuosa se adiciona a la fase oleosa (figura 2b). En líneas generales, se puede decir que el sistema tiende a aumentar o disminuir su viscosidad dependiendo de si se aumenta o disminuye una de las fases, hasta alcanzar su punto de inversión¹⁷ (fig. 2b y 2c).

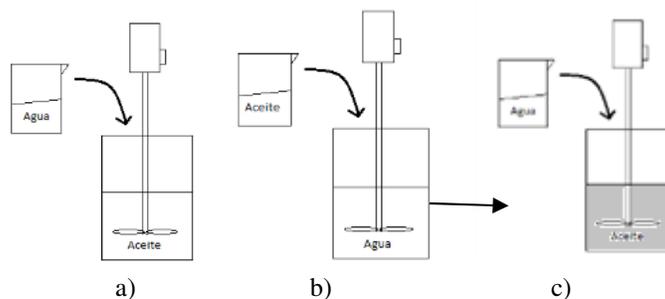


Figura 2. a) Emulsión agua-aceite (A/O), la fase acuosa se adiciona a la fase oleosa formando una dispersión de partículas acuosas en aceite; b) emulsión aceite/agua (O/A), la fase oleosa se adiciona a la fase acuosa; c) Fase terminal de la emulsión, se invierten las fases formando una dispersión de la fase acuosa en la fase oleosa en acuosa. Estos procesos se realizan con una agitación mediante un homogeneizador.

En el caso de las emulsiones múltiples (Fig. 3), la idea básica es generar emulsiones que tengan emulsiones contenidas en ellas. Esto es, lograr lo que se aprecia en la figura pero en condiciones controladas, para generar tamaños de partículas uniforme y un comportamiento reológico similar, logrando que la visco-elasticidad de la emulsión sea una constante en todo el sistema¹⁷.

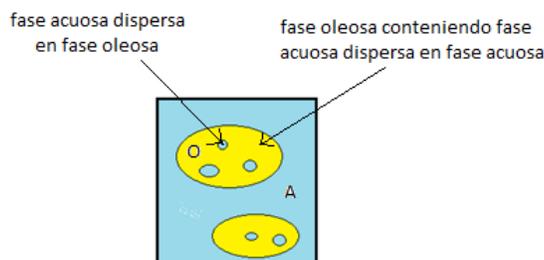


Figura 3. Esquema del tipo de partículas dispersas que se forman en el curso de la preparación de una emulsión simple: a) Partícula acuosa dispersa en la fase oleosa y, b) a su vez disperso en la fase acuosa.

La primera emulsión (A/O) estabilizada se reemulsifica en una solución acuosa de biopolímeros para obtener la emulsión doble¹⁵. Con la reemulsificación se evita que ingresen al interior de las emulsiones, los factores prooxidantes, al mismo tiempo que se evita la difusión de los principios activos incluidos en ellas hacia el exterior, esperándose obtener un producto sólido. De la misma manera se prepara una segunda emulsión del tipo (O/A) que se reemulsifica en la fase orgánica, esperándose obtener un producto líquido.

Sin lugar a dudas, el paso más importante para la preparación de microcápsulas es la formación de emulsiones, se pueden incorporar sustancias químicas, fármacos y otros dentro de las fases, así como en la solución polimérica.

SURFACTANTES

Los surfactantes son sustancias químicas que poseen doble afinidad, tienen cabeza polar y una cola no polar, y tienden a migrar y adsorberse en la interfase. Puede modificar la energía libre de Gibbs interfacial o tensión superficial; es decir tienen actividad sobre la energía libre, por eso se denominan “tensoactivos”. Para el uso de un surfactante se debe acudir a la escala de balance hidro-lipofílico (HLB), que va de 1 a 20. Los valores de HLB de los surfactantes permite clasificarlos de acuerdo a su mayor o menor solubilidad, sea en aceite o en agua. Desde luego, es importante mencionar que los emulsificantes con alto grado de HLB son más solubles en agua y son recomendables para una emulsión aceite/agua (O/A) y viceversa, los surfactantes con bajos valores de HLB tienen mayor solubilidad en aceite y por lo tanto, son más efectivos para la preparación de emulsiones agua/aceite (A/O)²⁰.

La estabilidad de las emulsiones es sumamente importante, por lo que es necesario considerar algún método para determinar cuál o cuáles surfactantes usar para estabilizar una emulsión aceite-agua. Los métodos muy utilizados son: a) método semiempírico de HLB propuesto por Griffin²³:

$$HLB_{\text{requerido}} = X_1 \cdot HLB_1 + X_2 \cdot HLB_2 \quad (2)$$

Donde: $HLB_{\text{requerido}}$, es el balance lipo-hidrofílico requerido por la mezcla; X_1 es la fracción másica del surfactante 1; X_2 es la fracción másica del surfactante 2; HLB_1 es el valor de balance HLB del surfactante 1 y HLB_2 es el valor de balance del surfactante 2. b) el método PIT (temperatura de inversión de fase) introducida por Shinoda²⁵, consiste en que la temperatura a la cual las propiedades hidrofílicas lipofílicas de un surfactante no iónico se encuentran balanceadas; es decir, a bajas temperaturas es hidrofílica y a altas temperaturas es lipofílica. c) La Teoría de Winsor, esta fundamentada en un razonamiento teórico, el mismo que describe la relación de los distintos tipos de interacción molecular del surfactante con el agua y el aceite, introduciendo la relación “R” de las energías de interacción por unidad de área interfacial^{20,24}:

$$R = \frac{A_{CO}}{A_{CW}} \quad (3)$$

Donde: A_{CO} es la sumatoria de interacciones entre el surfactante y la fase oleosa, A_{CW} es la sumatoria de interacciones entre el surfactante y la fase acuosa. Si $R < 1$, las interacciones hidrofílicas son más fuertes y si $R > 1$, las interacciones lipofílicas son las más fuertes.

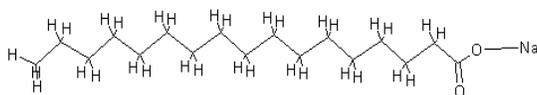


Figura. 4 Palmitato de sodio, surfactante aniónico.

Existen muchos tipo de surfactantes, desde los sintéticos hasta los naturales, los mismos que se clasifican en: a) **aniónicos**, tales como: palmitato de sodio, lauril sulfato de sodio, alquil benceno, dioctil sulfosuccinato de sodio, Lauroil isotionato de sodio, etc.^{20, 21}; ampliamente usados en la preparación de productos de limpieza y detergentes; b) **surfactantes no iónicos**, tales como: fenoles, éteres, ésteres, amidas y otros^{20, 22}; entre ellas se encuentran las series muy comerciales como TWEEN y SPAN que se componen a base de ésteres grasos; c) surfactantes catiónicos, tales como: N-alkilbencildimetil amonio, cloruro de cetilpiridinio, bromuro de N,N,N-trimetil-1-hexadecanaminio²⁰; usados como conservadores por su carácter antimicrobiano; d) Surfactantes anfóteros, tales como: aminoácidos, betaínas y los fosfolípidos²⁰; usados en productos para la piel y el cabello.

TECNICA DE SECADO POR ASPERSION

Existen varias técnicas para la preparación de microcápsulas⁸, tales como: secado por aspersión, extrusión y recubrimiento por aspersión, coacervación, atrapamiento en liposomas, polimerización interfacial e inclusión molecular. El uso de cada una de las distintas técnicas depende del tamaño de las partículas que se requieren producir, las propiedades de la sustancia encapsulante y también de la sustancia biológicamente activa a encapsular. Sin embargo, la más utilizada es el secado por aspersión, por varias razones, entre ellas, el costo y mecanismo de liberación^{8,9}.

El secado por aspersión es la transformación de un fluido que puede ser una solución, una dispersión o emulsión en partículas secas, es un proceso continuo que involucra una combinación de varios estados, tales como: atomización, difusión del spray en aire, evaporación y separación del producto. En la figura 5 se muestra el diagrama básico del equipo secador.

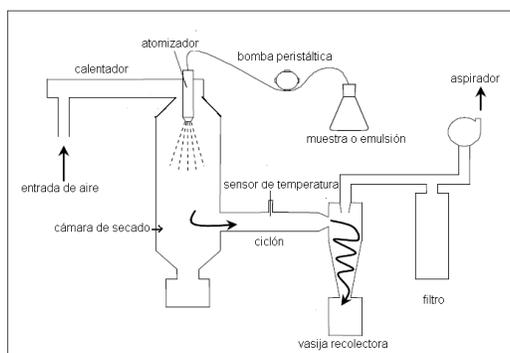


Figura 5 Diagrama básico de un secador por aspersión (BUCHI 290)²⁶.

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 la deshidratación de jugos, sangre, huevos, leche, colágeno, colorantes, proteínas, etc²⁷.

Una variante del secado por aspersión consiste en enfriamiento o congelamiento, donde el material a encapsular se mezcla con el transportador y es atomizado por medio de aire frío. Las microcápsulas son producidas por nebulización de la emulsión que contiene el material de recubrimiento y la sustancia activa.

MATERIALES PARA ENCAPSULACION

Un material de recubrimiento o agente encapsulante se define como un material o compuesto que forma una capa delgada sobre una superficie²⁸. Esta capa puede ser orgánica, inorgánica o ambas. Los cobertores orgánicos en general contienen pigmentos, extensores y otros aditivos como catalizadores, absorbentes, modificadores y

antioxidantes. Los materiales de recubrimiento se usan justamente para proteger una sustancia o un objeto de la humedad atmosférica, luz ultravioleta, etc, así como para decorar o embellecer las pinturas, o la combinación de ambos. En realidad esta última parte nos da la información que el material cobertor posee una “*funcionalidad*” adicional, como ser, autorregenerativo, autolimpiante, percepción suave, antibacteriano, anticorrosivo y otros²⁹.

La goma arábica, agar, alginato de sodio, carragenina, carbohidratos almidón, dextranos, sacarosa, jarabes de maíz celulosas carboximetil-celulosa, metilcelulosa, etilcelulosa, nitrocelulosa, acetilcelulosa, lípidos, ceras, parafinas, triestearina, ácido esteárico, monoglicéridos, diglicéridos, aceites, grasas proteínas gluten, caseína, grenetina, albúmina, materiales inorgánicos como sulfato de calcio, silicatos, se homogenizan con el transportador; la mezcla se alimenta al secador por aspersión y se atomiza; las microcápsulas se reciben en la vasija recolectora. En realidad existe una gran cantidad de materiales de recubrimiento que pueden usarse para encapsular las sustancias químicas o sustancias farmacéuticas, y no solo eso, sino que se pueden encapsular otro tipo de materiales como las sustancias microbiológicas, alimenticias, etc.

CONCLUSIONES

Microencapsular, significa empaquetar una sustancia activa dentro de una capsula del tamaño de una micra, es decir, permite el empaquetamiento de las sustancias químicas, alimentos, enzimas, bacterias probióticas, aditivos alimentarios, sustancias farmacéuticas. Existen sustancias biopoliméricas que sirven como materiales de recubrimiento, tales como alginatos, carbohidratos, gomas, proteínas, etc. Un proceso previo al secado por aspersión y de mucha importancia, es la preparación de emulsiones, proceso que implica la incorporación de sustancias surfactantes para la estabilización de los mismos.

Finalmente, la técnica de secado por aspersión es la más adecuada e importante técnica de microencapsulación, debido a que existe mucha demanda para el control y liberación de las sustancias en alimentos, fármacos y microorganismos.

REFERENCIAS

1. Dziezak, J.D. (1988). Microencapsulation and Encapsulated Ingredients. Food Technology, 136-151.
2. Jackson, L.S.; Lee, K. (1991). Microencapsulation and the Food Industry. Lebensm.-Wiss.u.-Technol. 24, 289-297.
3. Fanger, G. O., “Microencapsulation”, Plenum Press, Nueva York, Avance y Perspectiva vol. 21 319, 1974.
4. Ré M.I., Drying Technol. **16**, 1195 (1998).
5. Shahidi F. y Naczki M., In Foods Phenolics Sources Chemistry Effects Applications. Ed. Technomic. Publishinc, Co Inc, 1995
6. Wagner H., Natural products chemistry and phytomedicine research in the new millennium, New developments and challenges, ARKIVO, 277-284, 2004.
7. Dillard C. J. y German J-B., Phytochemicals: Nutraceuticals and human health, J. Sci. Food Agriculture 80: 1744-1756, 2000.
8. Pérez-Alonso C., Cruz-Olivares J., Barrera-Pichardo J.F., Rodríguez-Huezo M.E., Báez-Gonzales J. G., Vernon-Carter E.J., DSC Thermo-oxidative stability of red chili oleoresin microencapsulated in blended biopolymers matrices, J. Food Eng. 85: 613-624, 2008
9. Fanger, G. O., “Microencapsulation”, Plenum Press, Nueva York, Avance y Perspectiva vol. 21 319, 1974
10. Popplewell L.M., et al., Food Technol. **5**, 76, 1995
11. Chang Thomas M. S., Semipermeable microcapsules, Science 23, v.146, No. 3643, 524-525, 1964
12. Yañez F. J., Salazar J.A., Montoya L., Chaires M.J., Jiménez H., Márquez R. M., Ramos R.E.G., Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación, Avance y Perspectiva vol 21, 313-319, 2002.
13. Ik-Keun Yoo, Gi Hun Seong, Ho Nam Chang, Joon Kon Park, Encapsulation of lactobacillus casei cell in liquid-core alginate capsules for lactic acid production, Enzyme and Microbial Technology, 19, 6, 428-433, 1996.

14. Dickinson M. y McClements D.J., Water-in- oil- in- Water Multiple Emulsions. In *Advances in Food Colloids*. Cap), p. 280-300, Ed. Chapman y Hall, 1996.
15. Rodríguez-Huezo M.E., Pedroza-Islas R., Prado-Barragán L.A., Beristain C. I., Vernon-Carter E. J., Microencapsulación by spray drying of multiple emulsions containing carotenoids. *J. Food Sci.* 69:351-359, 2004.
16. L.M. Poplewell et al., *Food Technol.* **5**, 76 (1995).
17. Acuña Mujica M.S., Montes Atenas G., Elementos introductorios sobre tensoactivos en solución y la fabricación de emulsiones, Licenciatura en Química. Pontificia Universidad Católica de Chile.
18. Singleton V.L. Rossi Jr. J. A., Colorimetry or total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, *Am. J. Enol. Vitic.* 16:144-158, 1965.
19. Espinoza-Andrews H., Baez-Gonzales J.G., Cruz Sosa F., y Vernon-Carter E.J., Gum Arabic-Chitosan complex coacervation, *Biomacromolécules*, 8 (4): 1313-1318, 2007.
20. Salager Jean Louis, formulación HLB, PIT, R de Winsor, Universidad de los Andes, Escuela de Ingeniería Química, Mérida-Venezuela, versión No. 2, 1998.
21. Rieger M.M, *Surfactants, Pharmaceuticals Dosage Forms: Disperse Systems*, Lieberman, H.A, Rieger M.M.; Banker G.S. Ed. Marcel Dekker, INC, New York, vol 1, Chap. 8, pp.281-366,1988.
22. Salager, J. L. *Surfactantes: surfactantes no ionicos*, Cuaderno FIRP 303, ULA, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, Mérida-Venezuela, 1987.
23. Griffin W.c., Classification of surface active agentes by HLB, *J. Soc. Cosmetic Chemists*, 1, 311,1949.
24. Winsor P., *Solvent Proprieties of Amphiphilic Compounds*, butterworth, London, 1954.
25. Shinoda, K., Saito H, The stability of O/W type Emulsions as function of Temperatura and the HLB of Emulsifiers: the emulsifications by PIT-Method, *J. Colloid Int. Sci.*, 30, 258, 1969.
26. Buchi Labortechnik, Training papers sapray-drying, <http://www.buchi.com/Spray-Drying.69.0.html>.
www.galaxy.com.ar
27. Wicks Z.W.; Jones F.N.; Pappas S.P., *Organic Coatings: Science and Technology*, Wiley-Interscience, Chicheser, 1992.
28. Ghosh s.K., *Functional coatings by polymer microencapsulation*, wiley-VCH, Weinheim, 2006.