

DEPÓSITO LEGAL ZU2020000153

ISSN 0041-8811

E-ISSN 2665-0428

# Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947  
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



**Ciencias**  

---

**Exactas,**  

---

**Naturales**  

---

**y de la Salud**  

---

**79**  
**ANIVERSARIO**

**Año 17 N° 49**  
**Mayo - Agosto 2026**  
**Tercera Época**  
**Maracaibo-Venezuela**

## Influencia del tipo de polisacáridos aniónicos en elaboración de microcápsulas. Efecto al cambio de pH

Rafael Bolívar\*

Ingrid Velásquez \*\*

Ruth Monroy \*\*\*

### RESUMEN

La microencapsulación es una tecnología de recubrimiento de sólidos, líquidos y gases con materiales de distinta naturaleza, para dar lugar a cápsulas de tamaño micrométrico que pueden liberar su contenido de manera controlada bajo la influencia de condiciones específicas como el pH y la temperatura. La elección del método está en función del tamaño que se quiere lograr, mientras que las propiedades del material de recubrimiento dependen del polímero empleado, cuya función es proteger el material encapsulado, así como responder ante un estímulo para posteriormente liberar dicho compuesto. El objetivo de esta investigación fue establecer el efecto del tipo de polisacárido aniónico en un complejo polisacárido-proteína en la elaboración de microcápsulas para compuestos hidrofóbicos, cuando estos son liberados bajo el estímulo del pH del medio. Las microcápsulas se formaron por coacervación compleja, formando los sistemas BSA-CMC y BSA-Pectina, encontrándose microcápsulas esféricas menores a 60  $\mu\text{m}$ . Con un rendimiento el del proceso entre 80 y un 84%, dependiendo del polisacárido. Ante el estímulo de cambios de pH del medio, se logró liberar el compuesto encapsulado, resultando más sensible el complejo BSA-Pectina en comparación a BSA-CMC. Este comportamiento permite establecer la aplicabilidad de dichos complejos al momento de querer liberar compuestos hidrofóbicos bajo el estímulo de pH.

**PALABRAS CLAVE:** Microencapsulación, Polisacárido aniónico, Liberación controlada, Compuestos hidrofóbicos.

\* Profesor. Departamento de Química, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela. E-mail: [rafaelebolivar@gmail.com](mailto:rafaelebolivar@gmail.com)

\*\* Instituto de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas (IIMBUC), Centro de Investigaciones Químicas (CIQ). Universidad de Carabobo, Venezuela. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5522-0161>. E-mail: [ivvelasquez@uc.edu.ve](mailto:ivvelasquez@uc.edu.ve)

\* Profesora. Departamento de Química, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad de Carabobo, Venezuela. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2523-5511>. E-mail: [desireemonroy@yahoo.com](mailto:desireemonroy@yahoo.com)

Recibido: 29/01/2026

Aceptado: 23/03/2026

## Influence of the Type of Anionic Polysaccharide in the Preparation of Microcapsules. Effect of pH Change

### ABSTRACT

Microencapsulation is a technology for coating solids, liquids and gases with materials of different nature, to create micrometric-sized capsules that can release their contents in a controlled manner under the influence of specific conditions such as pH and temperature. The choice of method depends on the size to be achieved, while the properties of the coating material depend on the polymer used, whose function is to protect the encapsulated material, as well as respond to a stimulus to subsequently release said compound. The aim of this research was to establish the effect of the type of anionic polysaccharide in a polysaccharide-protein complex on the production of microcapsules for hydrophobic compounds, when these are released under the stimulus of the pH of the medium. The microcapsules were formed by complex coacervation, forming the BSA-CMC and BSA-Pectin systems, with spherical microcapsules smaller than 60  $\mu\text{m}$ . The process yield was between 80 and 84%, depending on the polysaccharide. When stimulated by changes in the pH of the medium, the encapsulated compound was released, resulting in a more sensitive BSA-Pectin complex compared to BSA-CMC. This behavior allows establishing the applicability of these complexes when hydrophobic compounds are to be released under pH stimulation.

**KEYWORDS:** Microencapsulation, Anionic polysaccharide, Controlled release, Hydrophobic compounds.

### Introducción

Los polisacáridos son materiales biodegradables que se encuentran en abundancia en la naturaleza. Existen diferentes tipos estos dependen de las fuentes naturales que incluyen celulosa, almidón, quitosano y quitina, gomas guar, garrofín y tara, glucomanano, xantano, agar, carrageninas, pectinas, alginas/alginatos, gellans, dextranos, rabinosilanos y pullulan. Estos polisacáridos son estructurales y funcionalmente diversos, se diferencian en el tamaño molecular, la composición de azúcares, la confirmación molecular, los enlaces glicosídicos y la presencia de diferentes grupos funcionales (Zhu, 2021).

Estos se construyen a partir de azúcares monoméricos que están unidos entre sí mediante enlaces O-glucosídicos y tienen la capacidad de almacenar material, componer componentes

estructurales y actuar como materiales protectores (Bealer *et al.*,2020). Se han utilizado ampliamente como emulsionantes, agentes de recubrimiento, modificadores de textura, estabilizadores, espesantes, agentes gelificantes y agentes de carga en diferentes productos como bebidas, confitería y productos lácteos. En particular, los polisacáridos se utilizan comúnmente en la industria alimentaria como estabilizadores para mantener la estabilidad de las proteínas (Bealer *et al.*,2020; Wei *et al.*,2020). Además, se ha indicado que el uso de polisacáridos para encapsulación es conveniente y versátil para aplicaciones industriales (Tsirigotis-Maniecka, 2020).

En el caso de la carboximetil celulosa (CMC), esta es polisacárido aniónico derivado de la celulosa, compuesto por un esqueleto de unidades repetidas de glucopiranososa (Wei *et al.*,2020). Las unidades repetidas están conectadas por enlaces  $\beta$ -1,4-glucosídicos (Rahman *et al.*, 2021), soluble en agua y con alto peso molecular que le proporciona resistencia e integridad estructural (Panahirad *et al.*,2021). Mientras que las pectinas, son heteropolímeros complejos compuesta por una cadena principal de ácido D-galacturónico con enlaces  $\alpha$ -1,4 linealmente interrumpidos ocasionalmente por residuos de ramnosa con enlaces 1,2. Según la nomenclatura introducida recientemente por Diener *et al.* (2019), su estructura primaria es la secuencia de monómeros unidos covalentemente de ácido galacturónico y ramnosa que sigue un patrón repetitivo simple. La pectina puede presentar variaciones en composición, estructura y peso molecular. Su grado de metoxilación puede ser alto y bajo si tienen un grado de esterificación superior e inferior al 50 %, respectivamente, que determina las propiedades de solubilidad y gelificación (Bealer *et al.*,2020; Rahman *et al.*, 2021).

Los polisacáridos aniónicos (por ejemplo, pectina y CMC) interactúan con las proteínas para fortalecer la red de proteínas y reducir la precipitación (Wei *et al.*,2020). Las proteínas y los polisacáridos pueden asociarse entre sí bajo condiciones de carga eléctrica opuesta (Ribeiro *et al.*,2021). Estos complejos interactúan creando fuertes enlaces entre sí a través de interacciones hidrófobas-hidrófobas, así como interacciones electrostáticas (Bealer *et al.*,2020). Las proteínas pueden tener carga positiva o negativa, dependiendo del pH, mientras los polisacáridos carboxilados obtienen cargado negativamente en un rango de pH superior a su pKa. Estas cargas

Rafael Bolívar et al// Influencia del tipo de polisacáridos aniónicos en elaboración de microcápsulas... 169-182

eléctricas en la columna vertebral de las proteínas o las cadenas de polisacáridos son responsables de las interacciones electrostática. Además, los enlaces de hidrógeno y la interacción hidrofóbica también juegan un papel en la estabilidad de los agregados de proteico-polisacáridos (Gentile,2020).

Por otra parte, los agentes encapsulantes más utilizados en la aplicación de alimentos para coacervación compleja son las proteínas y los polisacáridos, debido a que son naturales y fácilmente aceptados como generalmente reconocidos como seguros (GRAS) para aplicaciones alimentarias. Siendo los más utilizados en la coacervación compleja goma arábica, la pectina, el quitosano, el agar, el alginato y la carragenina (Hernández-Nava *et al.*,2019).

La coacervación es un término utilizado en química coloidal para denotar la separación de fases asociativa, proceso inducido por la modificación del entorno del medio (pH, fuerza iónica, temperatura, solubilidad) bajo condiciones controladas (Timilsena *et al.*,2018). La coacervación compleja, también conocida como separación de fases asociativa, es causada por la atracción electrostática de dos polímeros con cargas opuestas, lo que resulta en un equilibrio de una fase en la que ambos polímeros están concentrados y una segunda fase en la que ambos polímeros están agotados (Zhao *et al.*,2020). La microencapsulación mediante coacervación compleja es de gran interés en muchos sectores industriales debido a las altas cargas útiles que se pueden lograr y las posibilidades de liberación controlada (Yan *et al.*,2018). La finalidad de esta investigación fue establecer el efecto del tipo de polisacárido aniónico en un complejo polisacárido-proteína en la elaboración de microcápsulas para compuestos hidrofóbicos, cuando estos son liberados bajo el estímulo del pH del medio.

## 1. Materiales y Métodos

### 1.1. Elaboración de microcápsulas por coacervación compleja

Se prepararon las disoluciones de polisacáridos por separado al 1% (p/v) de pectina citrus (ICN Biomedicals) y carboximetil celulosa- CMC (Sigma-Aldrich), la disolución de albumina sérica bovina - BSA (Sigma-Aldrich) se preparó al 2% (p/v) en buffer fosfato (pH= 7,4). Se mezclaron las disoluciones de cada polisacárido con la proteína, y se cargan con aceite vegetal como compuesto activo. Se agita magnéticamente (aproximadamente a 850 rpm) cada complejo

Rafael Bolívar et al// Influencia del tipo de polisacáridos aniónicos en elaboración de microcápsulas... 169-182 por separado, posteriormente se ajustó el pH a 4 con ácido clorhídrico 1 M, se agitó por una hora. Transcurrido el tiempo se adicionó formaldehído al 37,5% como agente reticulante y se enfrió a 4°C /1 hora, se filtró y lavo con alcohol dejándose secar por 12 h a temperatura ambiente. Se determinó la morfología de las microcápsulas empleando un Microscopio ZEISS xiostar plus, acoplado a una cámara Canon PowerShot G9. Para la distribución de tamaño se empleó el programa ImageJ. Los valores obtenidos se graficaron en histogramas de frecuencias.

## 1.2. Rendimiento de encapsulación y contenido de principio activo la capacidad de carga del proceso de encapsulación

El rendimiento (R) del coacervado se determinó de acuerdo a lo propuesto por Hernández-Navas *et al.* (2019), el coacervado se filtró y se secó a 105°C, el rendimiento se calculó empleando la siguiente ecuación (1):

$$\%R = \frac{Mm}{Me} * 100 \quad (1)$$

La capacidad de carga (CC) fue determinada tomando el peso de microcápsulas, a las cuales se les aplica un esfuerzo externo para provocar la ruptura y liberar el material encapsulado, la CC fue determinada por diferencia de peso según la ecuación 2 (Calero *et al.*, 2008).

$$CC = \frac{Ma}{Mm} * 100 \quad (2)$$

Me= Masa de emulsión dispuesta para encapsular

Mm = Masa de microesfera obtenida

Ma= Masa de aceite en microcápsulas

## 1.3. Cinética de liberación basado en el cambio de pH del medio

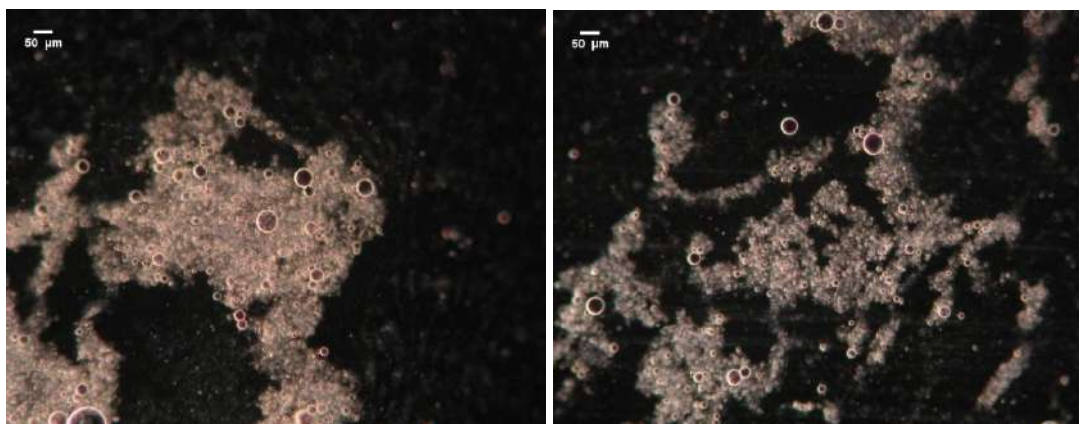
Se pesó una muestra de microcápsula cargadas y se sumergen en soluciones buffer con pH 4, 7 y 10, por intervalos de tiempo de 15, 30, 60, 90 min, transcurrido este tiempo se extraen, se seca, y pesan. El peso perdido fue graficado en función del tiempo.

## 2. Resultados y discusión

### 2.1. Microencapsulación usando complejo BSA-Pectina y BSA-CMC

La coacervación es un método fisicoquímico de separación de fases líquido-líquido de forma espontánea, que puede ocurrir al mezclar polielectrólitos de cargas opuestas en un medio acuoso. Esta técnica permite obtener microcápsulas con un tamaño entre (4 - 200)  $\mu\text{m}$  (Guevara-Bretón & Jiménez-Munguía, 2008; Villena *et al.*, 2009).

Para la formación de las microcápsulas con la albumina bovina sérica - carboximetil celulosa (BSA-CMC) y albumina bovina sérica - pectina (BSA-P) se propició una interacción segregativa (repulsiva) entre los componentes de la mezcla a un pH neutro, a este pH tanto la proteína como el polisacárido tienen la misma carga neta. Al acidificar el medio cambia el punto isoeléctrico (pI) de la proteína y su carga, mientras que el polisacárido no se afecta dado su pKa. Este cambio permite una interacción electrostática asociativa (atractiva) entre la proteína y el polisacárido, formándose así las microcápsulas como se observa en la Figura 1. El ajuste del pH es esencial para iniciar la formación del coacervante entre la mayoría de los complejos proteína-polisacáridos (Wei & Huang, 2019).



Complejo BSA-CMC

Complejo BSA-P

Figura 1. Microcapsulas vacias formadas con complejos proteina-polisacáridos.

La interacción entre los biopolímeros juega un rol significativo en el control de la estructura, textura y estabilidad del coacervante (Wei & Huang, 2019). El grado de ionización de los grupos funcionales de la proteína (grupos aminos) y del polisacárido (grupo carboxil) depende del pH del medio (Weinbreck *et al.*, 2003). En general, las proteínas presentan una carga

Rafael Bolívar et al// Influencia del tipo de polisacáridos aniónicos en elaboración de microcápsulas... 169-182  
negativa por encima de su punto isoeléctrico, pero al ajustar el pH se puede causar una protonación del grupo amino (Siow & Ong,2013).

La forma y tamaño de una microcápsula puede verse afectada por el tipo de material encapsulante empleado, el tamaño del compuesto a encapsular y la técnica. En la Figura 2 se observan las que las microcápsulas presentan una forma esférica, sin formación aparente de cavidades sobre la superficie, de bordes aparentemente lisos lo cual indica que hay un buen recubrimiento. Las microcapsulas obtenidas se encuentra por debajo de los 100  $\mu\text{m}$

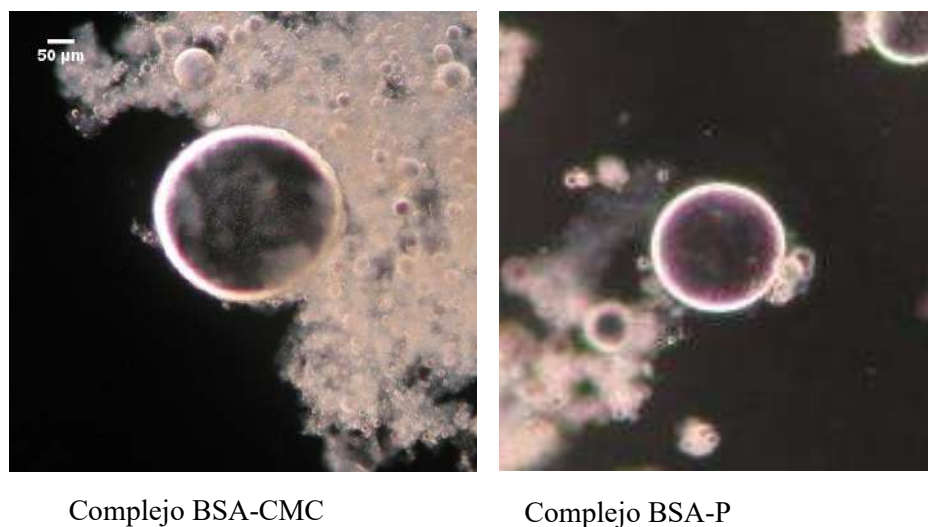


Figura 2. Morfología de las microcapsulas

En ambos casos BSA-CMC y BSA-P, la morfología es dominada por la conformación estructural de la BSA, donde la proteína envuelve a la gota de aceite por interacción hidrofóbica, dejando expuesta su región hidrofílica para unirse al polisacárido. Esta proteína presenta una isomerizaciones conformacionales debido a los cambios en el pH, partiendo de su forma más estable entre pH (7,0-8,0) donde se encuentra cargada negativamente, para luego producirse una transición entre pH (4,0-4,5) cerca del punto isoeléctrico que se caracteriza por presentar un aumento considerable de la viscosidad, menor solubilidad y una pérdida significativa en el contenido helicoidal, que le permite interactuar más eficientemente con el polisacárido empleado para la obtención de las microcápsulas (Ferrándiz , 2015).

## 2.2. Distribución de tamaño

Los tamaños encontrados de las microcápsulas varían dependiendo del material de recubrimiento y su capacidad de carga. Se determinó el tamaño para los sistemas vacío y cargado, encontrándose que las vacías el complejo BSA-CMC tiene tamaño promedio de  $16,53\mu\text{m}$  ( $\text{IC}_{95\%}$ :  $13,17 - 19,89 \mu\text{m}$ ). Al incorporar el compuesto activo el diámetro promedio aumenta a  $53,76\mu\text{m}$  ( $\text{IC}_{95\%}$ :  $37,91 - 69,61 \mu\text{m}$ ), Sin embargo, en la distribución de tamaño para BSA-CMC cargadas se observa que la mayoría de las microcápsulas se encuentran por debajo de los  $50 \mu\text{m}$  como se observa en la Figura 3.

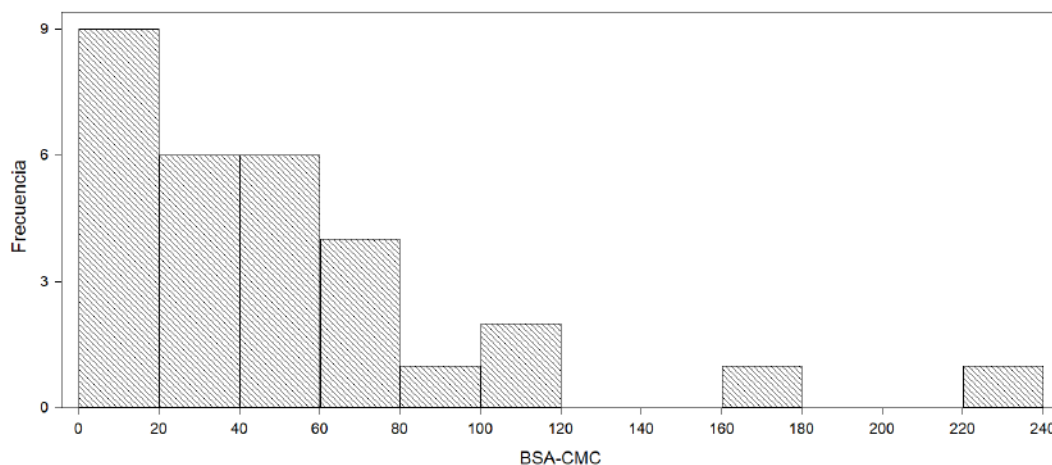


Figura 3. Distribucion de tamaño para BSA-CMC cargada

En cuanto al complejo BSA-P este presentó una distribución más amplia en comparación con la BSA-CMC, sin embargo, no existe una diferencia significativa entre los tamaños de los complejos ( $p = 0.3554$ ). El complejo BSA-P presento un tamaño promedio vacías de  $17,02\mu\text{m}$  ( $\text{IC}_{95\%}$ :  $13,93 - 20,12\mu\text{m}$ ), mientras que al ser cargadas el promedio aumenta a  $44,06\mu\text{m}$  ( $\text{IC}_{95\%}$ :  $37,07 - 51,04 \mu\text{m}$ ). La distribución de tamaño para las microcápsulas cargadas muestra que la mayoría están por debajo de los  $50 \mu\text{m}$  igual que BSA-CMC como se muestra en la Figura 4.

Kaushik *et al.* (2014), señalan que el tamaño de las microcápsulas depende del material de pared que está siendo usado, principalmente por su naturaleza iónica, debido a la carga que puedan presentar en solución, además de la concentración y la relación entre la proteína y el

Rafael Bolívar et al// Influencia del tipo de polisacáridos aniónicos en elaboración de microcápsulas... 169-182  
 polisacárido empleada para elaborar los complejos que posteriormente pasan a formar la cubierta.

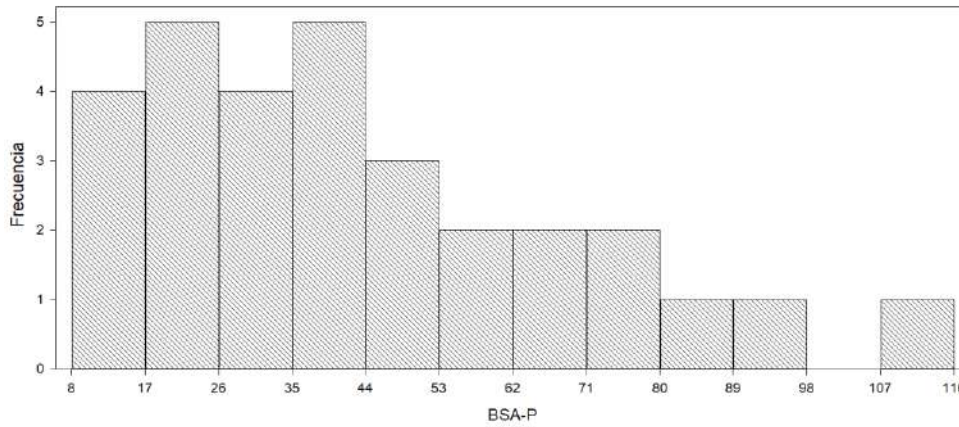


Figura 4. Distribucion de tamaño para BSA-P cargada

### 2.3. Rendimiento y la capacidad de carga del proceso de encapsulación

En cuanto al rendimiento se encontró que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los rendimientos de BSA-CMC y BSA-P ( $p < 0,001$ ), al igual que la capacidad de carga ( $p < 0,001$ ). En promedio se encontró que para BSA-CMC el rendimiento fue de 80,35% mientras que su capacidad de carga fue 53.80%. Por otra parte, el complejo BSA-P mostro un mayor rendimiento (84.99%) con una capacidad de 58.41%.

Por tanto, el cambio de polisacárido aniónico marca una diferencia en cuanto al rendimiento y capacidad de carga en la elaboración de la microcápsula, al respecto Guevara & Jiménez (2008), señalaron que el rendimiento por coacervación es cercano al 90%, mientras que Villena *et al.* (2014), encuentran que la capacidad de carga de núcleo es de 60% para esta técnica.

La diferencia entre los complejos puede deberse al grado de metoxilación de la pectina, asociado a los sitios aniónicos que otorgan los grupos carboxílicos ionizados a lo largo de su esqueleto, mientras que la carboxilmetil celulosa posee gran cantidad de grupos carboxilmetilo disponibles para la interacción electrostática con la proteína.

#### 2.4. Cinética de liberación basado en el cambio de pH del medio

El proceso de encapsulación no solo busca contener un compuesto activo, sino que posteriormente ser liberado. Los métodos comúnmente utilizados para la liberación controlada incluyen la liberación por temperatura, por pH, fuerza iónica, luz, entre otros (Wilson & Shah, 2007). La cubierta de la microcápsula es la responsable de las interacciones con el medio al cual será expuesto, lo que determina el comportamiento de liberación.

En la Figura 5 se muestra el comportamiento de los complejos BSA-CMC y BSA-P ante los cambios de pH del medio como estímulo de liberación para el compuesto encapsulado. Observándose que en todos los casos el complejo BSA-P se erosiona con mayor facilidad permitiendo la liberación del principio activo de manera más rápida que BSA-CMC. A los pH probados el comportamiento para la liberación fue BSA-P > BSA-CMC. Los resultados muestran que el material de recubrimiento generado con BSA-CMC es más resistente a la variación del pH.

La liberación de los compuestos activos puede ser controlada por la difusión de las moléculas a través de la pared de la cápsula. La permeabilidad a través de la matriz y la solubilidad del material con el cual se formó la pared de la partícula, influyen en la velocidad de difusión. Un proceso semejante al de difusión es la erosión, ésta se lleva a cabo cuando el material de recubrimiento es erosionado por cambio del pH o la hidrólisis enzimática (Sandoval *et al.*, 2016).

La liberación del principio activo muestra en su mayoría un comportamiento por etapas. Inicialmente hay una liberación rápida en los primeros 30 min, que pudiera atribuirse a la migración del compuesto que se encuentra en la parte interna más cercana a la superficie de la cápsula, además de los poros y canales que componen la estructura interna de la microcápsula. Luego se genera una liberación más lenta, mientras el material es erosionado para posteriormente generar una liberación sostenida luego de 30 min.

La cinética mostró el comportamiento ante el estímulo lo cual puede emplearse al momento de buscar su aplicación, si se requiere una liberación rápida se puede emplear el complejo BSA-P. En cuanto al complejo BSA-CMC se observó que a pH 4 la liberación es gradual, a pH 7 luego de una hora la liberación es brusca, mientras a pH 10 es más violenta luego

Rafael Bolívar et al// Influencia del tipo de polisacáridos aniónicos en elaboración de microcápsulas... 169-182 de los 30 min. Ambos complejos pueden emplearse siempre que se tenga claro el objetivo que se persigue al momento de la liberación, así como el medio donde esta se colocara.

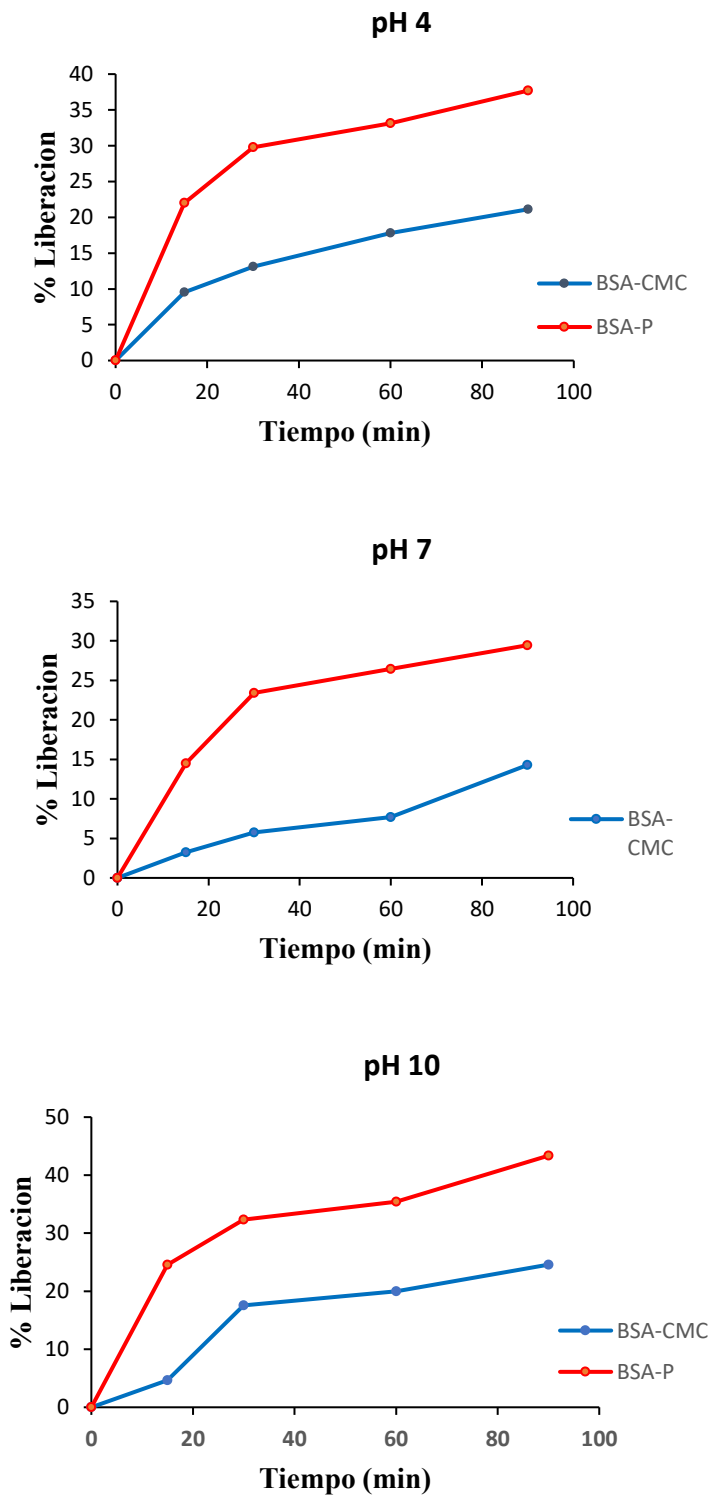


Figura 5. Cinética de liberación del aceite de las microcápsulas

## Conclusión

Los complejos formados por la proteína y los polisacáridos seleccionados permitieron obtener microcápsulas de forma esférica, tanto vacías como cargadas. Los rendimientos, así como la liberación del compuesto encapsulado se afecta con el material de pared, encontrándose que el complejo BSA-CMC se erosiona menos ante la variación del pH del medio a diferencia del BSA-P quien se erosiona con mayor facilidad, permitiendo que el compuesto se libere con mayor rapidez. Este comportamiento permite establecer la aplicabilidad de dichos complejos a momento de querer liberar compuestos hidrofóbicos bajo el estímulo de pH, cuando el material empleado es un polisacárido aniónico.

## Referencias

- Bealer, E. J., Onissema-Karimu, S., Rivera-Galletti, A., Francis, M., Wilkowski, J., Salas-de la Cruz, D., & Hu, X. (2020). Protein-Polysaccharide Composite Materials: Fabrication and Applications. *Polymers*, 12(2): 464. doi:10.3390/polym12020464
- Calero, J., Sánchez, Y., Tórrez, R., Hernann, E., López, K. (2008). Elaboración y Caracterización de microcápsulas gastrorresistentes de Diclofenac obtenidas por Gelificación Iónica. *Universitas*, 1 (2): 27-30
- Diener, M., Adamcik, J., Sánchez-Ferrer, A., Jaedig, F., Schefer, L., & Mezzenga, R. (2019). Primary, Secondary, Tertiary and Quaternary Structure Levels in Linear Polysaccharides: From Random Coil, to Single Helix to Supramolecular Assembly. *Biomacromolecules*, 20(4): 1731-739. doi.10.1021/acs.biomac.9b00087
- Ferrándiz, M. (2015). Encapsulación de Aceites Esenciales funcionales para su aplicación en Agricultura. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Valencia. España.
- Gentile, L. (2020). Protein-polysaccharide interactions and aggregates in food formulations. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 48: 18-27. doi:10.1016/j.cocis.2020.03.002
- Hernández-Nava R., López-Malo A., Palou E., Ramírez-Corona N., Jiménez-Munguía M. (2019). Complex Coacervation Between Gelatin and Chia Mucilage as an Alternative of Encapsulating Agents. *Journal of Food Science*, 84 (6): 1281-1287. doi. 10.1111/1750-3841.14605
- Guevara-Bretón, N., Jiménez-Munguía, T. (2008). Encapsulación: técnicas y aplicaciones en la industria alimentaria. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 2: 36-49

Rafael Bolívar et al// Influencia del tipo de polisacáridos aniónicos en elaboración de microcápsulas... 169-182

Kaushik, P., Dowling, K., Barrow, C., & Adhikari, B. (2014). Microencapsulation of omega-3 fatty acids: A review of microencapsulation and characterization methods. *Journal of Functional Foods*, 19: 868-881. doi:10.1016/j.jff.2014.06.029.

Panahirad, S., Dadpour, M., Peighamardoust, S. H., Soltanzadeh, M., Gullón, B., Alirezalu, K., & Lorenzo, J. M. (2021). Applications of carboxymethyl cellulose- and pectin-based active edible coatings in preservation of fruits and vegetables: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 110 ; 663–673. doi: 10.1016/j.tifs.2021.02.025

Rahman, M.S.; Hasan, M.S.; Nitai, A.S.; Nam, S.; Karmakar, A.K.; Ahsan, M.S.; Shiddiky, M.J.A.; Ahmed, M.B. (2021). Recent Developments of Carboxymethyl Cellulose. *Polymers*, 13: 1345. doi:10.3390/polym13081345

Ribeiro, E. F., Morell, P., Nicoletti, V. R., Quiles, A., & Hernando, I. (2021). Protein- and polysaccharide-based particles used for Pickering emulsion stabilisation. *Food Hydrocolloids*, 119: 106839. doi:10.1016/j.foodhyd.2021.106839

Sandoval, V., Cu, T., Peraza, G., & Acereto, P. (2016). Introducción en los procesos de encapsulación de moléculas nutraceuticas. *OmniaScience: Alimentos Funcionales de Hoy*: 181-218. doi 10.3926/oms.358

Siow, L.-F. and C.-S. Ong, (2013). Effect of pH on garlic oil encapsulation by complex coacervation. *J Food Process Technol*, 4 (1):1-5 doi:10.4172/2157-7110.1000199

Tang Y., Scher H.B., Jeoh T. (2018). Industrially scalable complex coacervation process to microencapsulate food ingredients. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 59: 102257. doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102257.

Timilsena, Y. P., Akanbi, T. O., Khalid, N., Adhikari, B., & Barrow, C. J. (2018). Complex coacervation: Principles, mechanisms and applications in microencapsulation. *International Journal of Biological Macromolecules*. 121: 1276-1286. doi:10.1016/j.ijbiomac.2018.10.144

Tsirigotis-Maniecka, M. (2020). Alginate-, Carboxymethyl Cellulose-, and  $\kappa$ -Carrageenan-Based Microparticles as Storage Vehicles for Cranberry Extract. *Molecules*, 25(17): 3998. doi:10.3390/molecules25173998

Villena, M., Hernández, M., Lara, G., Martínez, R. (2009). Técnicas de microencapsulación: una propuesta para microencapsular probióticos. *Ars Pharm*, 50(1): 43-50

Wei, Y., Cai, Z., Wu, M., Guo, Y., Tao, R., Li, R., Zhang, H. (2020). Comparative studies on the stabilization of pea protein dispersions by using various polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, 98: 105233. doi:10.1016/j.foodhyd.2019.105233

Rafael Bolívar et al// Influencia del tipo de polisacáridos aniónicos en elaboración de microcápsulas... 169-182

Wei, Z., Huang, Q. (2019). Assembly of protein-polycaccharide complexes for delivery of bioactive ingredientes: A persperctive paper. *Agric. Food Chem.* 67 (5): 1344–1352. doi 10.1021/acs.jafc.8b06063

Weinbreck, F., de Vries, R., Schrooyen, P., & de Kruif, C. G. (2003). Complex Coacervation of Whey Proteins and Gum Arabic. *Biomacromolecules*, 4(2): 293–303. doi:10.1021/bm025667n

Wilson, N., & Shah, N. (2007). Microencapsulation of Vitamins. *ASEAN Food Journal* 14 (1): 1-14

Zhao, M., Huang, X., Zhang, H., Zhang, Y., Gänzle, M., Yang, N., Fang, Y. (2020). Probiotic encapsulation in water-in-water emulsion via heteroprotein complex coacervation of type-A gelatin/caseinate. *Food Hydrocolloids*, 105 :105790. doi:10.1016/j.foodhyd.2020.105790

Zhu, F. (2021). Polysaccharide based films and coatings for food packaging: Effect of added polyphenols. *Food Chemistry*, 359: 129871. doi:10.1016/j.foodchem.2021.1298

## Conflicto de interés

Los autores de este manuscrito declaran no tener ningún conflicto de interés.

## Declaración ética

Los autores declaran que el proceso de investigación que dio lugar al presente manuscrito se desarrolló siguiendo criterios éticos, por lo que fueron empleadas en forma racional y profesional las herramientas tecnológicas asociadas a la generación del conocimiento.

## Copyright

La *Revista de la Universidad del Zulia* declara que reconoce los derechos de los autores de los trabajos originales que en ella se publican; dichos trabajos son propiedad intelectual de sus autores. Los autores preservan sus derechos de autoría y comparten sin propósitos comerciales, según la licencia adoptada por la revista

## Licencia Creative Commons

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional



REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA, Fundada el 31 de mayo de 1947

UNIVERSIDAD DEL ZULIA, Fundada el 11 de septiembre de 1891