

Diseño de un gel post solar con *Aloe saponaria* y microcápsulas biopoliméricas de mentol

Obtaining post-sun gel with menthol biopolymeric microcapsules

Silvina Soledad Guzmán

Grupo Productos Naturales y Materiales (ProNaM – UTN FRSFco)
silvyguzman@hotmail.com

Deisy Inés Galuppo

Grupo Productos Naturales y Materiales (ProNaM – UTN FRSFco)
deisy.galuppo@gmail.com

Matías Iván Nari

Grupo Productos Naturales y Materiales (ProNaM – UTN FRSFco)
matiasnari92@gmail.com

María Candela Acuña

Grupo Productos Naturales y Materiales (ProNaM – UTN FRSFco)
candela.acu47@gmail.com

Candelaria Masera

Grupo Productos Naturales y Materiales (ProNaM – UTN FRSFco)
candemasera@gmail.com

Regina Toninetti

Grupo Productos Naturales y Materiales (ProNaM – UTN FRSFco)
rtoninetti@gmail.com

María Victoria Schultheis

Grupo Productos Naturales y Materiales (ProNaM – UTN FRSFco)
mv_schultheis@hotmail.com

Vanina Alejandra Guntero

Grupo Productos Naturales y Materiales (ProNaM – UTN FRSFco)
vguntero@sanfrancisco.utn.edu.ar

Resumen

En la actualidad, existe un gran interés en el desarrollo de productos farmacéuticos y cosméticos encapsulados, con el fin de preservar las propiedades y la vida útil de los principios activos. En el presente trabajo se diseñó un gel post solar, a partir de un gel natural de *Aloe saponaria* al 10 % de concentración, como uno de los componentes activos. Además, se agregó mentol un terpeno natural que posee diversas e importantes propiedades entre las que se destaca antipruriginosas y antisépticas. También nuestra finalidad se basó en la obtención de un material con propiedades térmicas estabilizantes. La relevancia de esta investigación consistió en aplicar la técnica de encapsulación, como método para preservar las propiedades del mentol por ser inestable

bajo ciertas condiciones pH, temperatura, etc. A continuación, se incorporó una matriz de alginato de sodio con el fin de formar una cápsula protectora, por su capacidad de formar hidrogeles. Cabe destacar que en este trabajo se emplearon los métodos de inyección y emulsificación con cloruro de calcio. Luego de realizar los ensayos correspondientes, se evidenció que en medios básicos las cápsulas son más resistentes a la absorción de líquido y a la disgregación del entorno.

Palabras clave: Encapsulación, Aloe saponaria, mentol, hidrogeles.

Abstract

Currently, there is a great interest in the development of encapsulated pharmaceutical and cosmetic products, in order to preserve the properties and shelf life of the active ingredients. In the present work, a post-solar gel was developed, from a natural *Aloe saponaria* gel at 10% concentration, as one of the active components. In addition, menthol was added, a natural terpene that has various and important properties, among which antipruritic and antiseptic properties stand out. Our aim was also based on obtaining a material with stabilizing thermal properties. The relevance of this research consisted in applying the encapsulation technique, as a method to preserve the properties of menthol because it is unstable under certain conditions as pH and temperature. Next, a sodium alginate matrix was incorporated in order to form a protective capsule, due to its capacity to form hydrogels. It should be noted that in this work, injection and emulsification methods with calcium chloride were used. After carrying out the corresponding tests, it was shown that in basic media the capsules are more resistant to the absorption of liquid and to the disintegration of the environment.

Keywords: Encapsulation, Aloe saponaria, menthol, hydrogels.

Introducción

El desarrollo sostenible es pieza fundamental en el diseño de productos de consumo masivo en la industria cosmética. El continuo crecimiento de la industria cosmética a nivel mundial, se evidencia en las ganancias generadas, en el 2023 fueron cercanas a 801.610 millones de dólares. Cobrando interés los productos fabricados de base biológica y biodegradables con características seguras, para satisfacer la alta demanda de los consumidores (Lourith & Kanlayavattanakul, 2023).

La exposición prolongada a rayos ultravioletas (UV) emitidos por el sol, pueden provocar envejecimiento de la piel, incluso una sobreexposición podría generar una quemadura. Por eso los especialistas recomiendan el uso de protectores solares antes de la exposición y, posterior, colocarse un gel post solar que permita alcanzar y mantener el balance hídrico.

Los hidrogeles son redes poliméricas tridimensionales reticuladas capaces de absorber y retener grandes volúmenes de agua (Ramirez et al., 2016). Es por ello que los hidrogeles son materiales muy versátiles y con gran potencial para ser considerados biomateriales, dado que su naturaleza hidrofílica y reticulante les otorga una excelente biocompatibilidad.

Entre los materiales para diseñar un gel post solar, se destaca el *Aloe saponaria* porque contribuye con la regeneración celular en caso de quemaduras y evita la posterior aparición de manchas en la piel (Silva et al., 2013). Por otro lado, el mentol también es utilizado en dicha industria por sus propiedades térmicas estabilizantes, antifúngicas, antibacterianas, antiinflamatorias, antipruriginosas, antitusivas, antisépticas, anticancerígenas y antivirales (Mira et al., 2021). Pero es inestable en ciertas condiciones: pH, la temperatura y la luz; presenta otro inconveniente, es insoluble en agua (Sarunya Phunpee et al., 2016). Por ello, resulta de gran interés desarrollar métodos para preservar sus propiedades, entre ellos se destaca la incorporación a un hidrogel.

Una forma de preservar los compuestos activos es mediante la técnica de encapsulación, que consiste la incorporación de un principio activo dentro de una matriz (Nava Reyna et al., 2015). Dicha matriz ejerce un efecto

protector sobre la molécula bioactiva, que conlleva una serie de beneficios significativos (Turek & Stintzing, 2013). Entre ellos, el aumento de la solubilidad y biodisponibilidad de los compuestos encapsulados; asimismo, facilita el empaque y transporte, enmascara propiedades indeseables como el olor y sabor, previene la degradación de los ingredientes durante los procesos de manipulación y almacenamiento (Gómez et al., 2018).

El material utilizado para la matriz puede ser seleccionado a partir de un amplio espectro de polímeros. Entre ellos se encuentra el ácido algínico, un polímero monosacárido conformado por enlaces glucosídicos, que se extrae de la pared celular de las algas. Este compuesto se comercializa principalmente en forma de sal, conocida como alginato de sodio, debido a su mayor estabilidad. Se caracteriza por poseer una estructura molecular lineal, presenta características biodegradables y biocompatibles, lo que lo hace especialmente versátil para un amplio espectro de aplicaciones (Frent et al., 2022). Además, se destaca por su bajo costo y fácil adquisición. Se utiliza ampliamente en la encapsulación por su capacidad de formar hidrogeles capaces de mejorar la estabilidad y la bioaccesibilidad de los compuestos encapsulados (Pedrali et al., 2023).

La formación de geles de alginato por el método iónico se puede dar por dos métodos, denominados gelificación externa (GE) y gelificación interna (GI). En el primer caso, el cloruro de calcio (CaCl_2) se utiliza como agente reticulante, al ser soluble en agua, los iones calcio se difunden al interior del alginato, de esta manera el gel de alginato se forma instantáneamente (Paques et al., 2014). Por otra parte, en el método de GI, se utiliza como especie reticulante una sal insoluble en agua (ej. CaCO_3) que se mezcla con la solución de alginato, a diferencia del método anterior, los iones calcio se liberan desde el interior de la mezcla, a partir de una disminución de pH, o bien, al aumentar la solubilidad de los iones calcio, se da la formación del gel a través de un proceso más lento comparado con la GE (Martínez Estrada, 2022).

En este contexto, nuestro trabajo se basó en el diseño y desarrollo de un gel post solar, compuesto por una alta concentración de gel natural *Aloe saponaria* y mentol como principio activo, con el fin de proporcionarle a sus propiedades refrescantes estabilidad durante un largo período de tiempo, encapsulando el mentol en una matriz biopolimérica, logrando que se disgregue y la liberación controla del principio activo.

Desarrollo

1. Obtención del extracto natural de *A. saponaria*

1.1 Material vegetal

El *A. saponaria* utilizado en este experimento fue extraído de una plantación orgánica localizada en Miramar, que se encuentra situada en el departamento San Justo, en la provincia de Córdoba

1.2 Extracción de *A. saponaria*

El extracto de *A. saponaria* se obtuvo en estado puro a partir de la capa interna de la hoja, mediante un proceso pelado mecánico donde se retira la corteza exterior, espinas y la capa de látex (aloína) intermedia entre la pulpa y la corteza. La pulpa se sometió a un proceso físico de molienda, luego se filtró, con el fin de lograr homogeneidad en el extracto, posteriormente se estabilizó inmediatamente con un conservante universal en una concentración del 1% P/V. Para denominar este extracto, se estableció el lote GAS3003.

2. Obtención de microcápsulas de mentol

2.1 Preparación de soluciones

Se preparó una solución alcohólica de mentol cristal al 2% m/v y una solución acuosa al 2% de alginato de sodio. Luego se agregó la solución de mentol a la solución de alginato de sodio, obteniéndose una solución de mentol al 0,1%.

2.2 Encapsulación del mentol

Una vez finalizada la mezcla de soluciones, se procedió a encapsular el mentol en cloruro de calcio al 4% m/v. La solución iónica sirve como medio para la formación de cápsulas de mentol. Este proceso ocurre siguiendo el método de gelificación externa (Lupo Pasin et al., 2012), la solución de mentol al 0,1% se introduce

en la solución de cloruro de calcio al 4% m/v, utilizando un atomizador, logrando la obtención de cápsulas de menor tamaño en comparación al que podría proporcionar una gota de la solución.

2.3 Caracterización de las microcápsulas

A las microcápsulas obtenidas se les realizó la siguiente caracterización:

Contenido de humedad: Se midió la cantidad de agua ligada que se desprende, a través del método gravimétrico, en estufa a 105°C hasta peso constante (AOAC, 1998).

Diámetro: Se registra utilizando un micrómetro manual Schwyz con un rango de medida entre 0 y 25 mm, y una precisión de 0,01 mm.

Comportamiento de hinchamiento: Para este ensayo, se someten las cápsulas de mentol a soluciones amortiguadoras con el fin de analizar cómo reacciona el biopolímero que contiene estos compuestos activos. Mediante esta determinación, se registró el tiempo en el que se degradó la cápsula y se comenzó a liberar el mentol.

3. Obtención del gel post solar con microcápsulas de mentol

3.1 Preparación y caracterización de gel post solar.

Inicialmente, se mezcló por agitación magnética el agua destilada con el gel de *A. saponaria*, luego se introdujo el gelificante seleccionado, alginato de sodio, muy lentamente para obtener una solución homogénea y evitar la acumulación de partículas del mismo. Seguidamente, se agregó 1 gota de colorante alimentario de tonalidad azul, glicerina que le confiere al gel propiedades hidratantes y protectoras cuando se aplica en la piel, y esencia de hierbas que aromatizó el producto. Por último, se introdujeron gotas de trietanolamina, con el objetivo de elevar el pH a valores cercanos a 7, donde el gel toma la consistencia y firmeza apropiadas.

Al gel post solar obtenido se le realizó la siguiente caracterización:

Determinación de pH: Se realizó mediante un peachímetro digital (Hanna, Combo waterproof).

Índice de refracción: Se empleó un refractómetro (Ludwig 2WAJ).

Densidad: Se usó un densímetro (MIV, 0,800-1,100).

Conductividad: Se realizó mediante un conductímetro digital (Hanna, Combo waterproof).

3.2 Agregado de microcápsulas

Las perlas de alginato de sodio con mentol en su interior se introdujeron lentamente al gel post solar preparado en el punto 3.1, mediante constante agitación, para lograr una distribución homogénea de las mismas obteniendo el producto final. Luego se refrigeró y después de un breve tiempo a baja temperatura, el producto quedó listo para su uso.

Resultados

1. Cápsulas Biopoliméricas

Contenido de sólidos totales: A partir de la Ec. 1 se calculó el contenido de humedad de una muestra de 1 g de microcápsulas. Las mismas fueron llevadas a estufa a 105° C hasta alcanzar una masa constante. Teniendo en cuenta el valor inicial y final de la masa de las microcápsulas (m_0 y m_f respectivamente), se obtiene un contenido de sólidos totales de 0,515 %. Este dato interesa ya que, tanto el contenido de sólidos totales como la proporción del material de la pared, influyen sobre las características y propiedades funcionales de las cápsulas (Muchiutti et al., 2019).

$$ST (\%) = \left(1 - \frac{m_o - m_f}{m_o}\right) 100\% = 0,515 \% \quad (1)$$

Diámetro: Luego de medir el diámetro de una muestra de cápsulas, fue posible obtener un diámetro promedio de 4,54 mm con un desvío estándar de 0,22 mm. Este resultado coincide con lo reportado por (Degreef, 2023) en el que se explica que, al producir pequeñas gotas de una suspensión del compuesto de interés en un hidrocoloide, como es el alginato, y el cual es forzado a pasar a través de una boquilla que se gotea sobre una solución de CaCl₂, las dimensiones obtenidas pueden variar entre 2 y 5 mm, dependiendo del diámetro de salida de la boquilla, la altura de goteo, la velocidad de agitación y la viscosidad.

Comportamiento de hinchamiento: En el análisis al comportamiento de hinchamiento, se determinó que las cápsulas son más estables en condiciones básicas, moderadamente estables en condiciones neutras y menos estables en condiciones ácidas, ya que en la solución de pH 4, se disolvió al cabo de 5 minutos, mostrando la mayor y más rápida disminución en la masa. La relación masa/tiempo se observa en la Fig. 3.

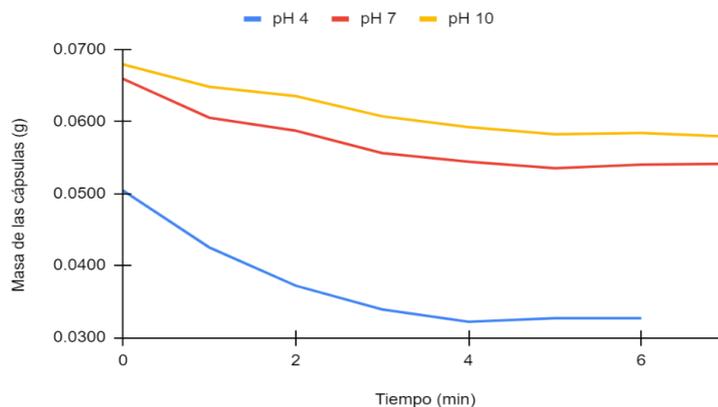


Figura 3. Comportamiento de hinchamiento, relación masa/tiempo.

De acuerdo con el análisis de hinchamiento, un parámetro relevante para evaluar la capacidad de las cápsulas en retener y liberar sustancias de manera controlada (Guevara-cordova, Fernando; Gomez-Luna, 2023); en la solución de pH 10 las cápsulas adquirieron una capacidad de absorción menor, pudiendo concluir de esta manera que las cápsulas son más resistentes a la absorción de líquido y a la desintegración en un entorno básico.

2. Gel Post Solar

Determinación de la densidad, pH, índice de refracción y conductividad: Los valores obtenidos se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Parámetros determinados

Densidad	pH	Índice de Refracción	Conductividad
1,0365 g/ml	5,65	1,339	1,91 mS

Conclusiones

En el presente trabajo se obtuvo un gel post solar con un extracto natural de *A. saponaria* y mentol como principios activos. El producto obtenido demostró poseer excelentes propiedades térmicas, estabilizantes y protectoras de la piel. Además, su aspecto es visualmente agradable, de consistencia no pegajosa y posee un aroma atractivo. De manera que, la técnica de encapsulación con alginato desarrollada, permitió la protección del mentol en cápsulas cuyo diámetro medio fue de $4,54 \pm 0,22$ mm, valores que están dentro de lo esperable para una cápsula con estabilidad mecánica para el proceso de encapsulación aplicado.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por la Universidad Tecnológica Nacional mediante el Proyecto de Investigación y Desarrollo PAPPSF0008588.

Referencias

Actas de Jornadas y Eventos Académicos de UTN (AJEA) (2024). Normas de Publicación. Disponible en <<https://rtyc.utn.edu.ar/index.php/ajea/normas>>.

Frent, O. D., Vicas, L. G., Duteanu, N., Morgovan, C. M., Jurca, T., Pallag, A., Muresan, M. E., Filip, S. M., Lucaciu, R. L., & Marian, E. (2022). Sodium Alginate—Natural Microencapsulation Material of Polymeric Microparticles. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(20). <https://doi.org/10.3390/ijms232012108>

Gómez, B., Barba, F. J., Domínguez, R., Putnik, P., Bursać Kovačević, D., Pateiro, M., Toldrá, F., & Lorenzo, J. M. (2018). Microencapsulation of antioxidant compounds through innovative technologies and its specific application in meat processing. *Trends in Food Science and Technology*, 82, 135–147. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.006>

Guevara-cordova, Fernando; Gomez-Luna, B. E. H.-M. R. (2023). *Caracterización de cápsulas a base de alginato de sodio y carboximetilcelulosa para la encapsulación de rizobacterias* *Characterization of sodium alginate and carboxymethylcellulose beads for the encapsulation of Resumen Introducción Metodología*. 1–6.

Lourith, N., & Kanlayavattanukul, M. (2023). Sustainable approach to natural makeup cosmetics containing microencapsulated butterfly pea anthocyanins. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 32, 101005. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101005>

Martínez Estrada, V. M. (2022). *Desarrollo y evaluación in vitro de un implante hormonal de liberación prolongada para la inducción del desove en peces*. 78.

Muchiutti, G. S., López Novello, L. H., Córscico, F. A., & Larrosa, V. J. (2019). Cápsulas de alginato para la protección de polifenoles presentes en el aceite esencial de orégano. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 30(59 nov-abr), 297–309. <https://doi.org/10.33255/3059/687>

Nava Reyna, E., Michelena Álvarez, G., Iliná, A., & Martínez Hernández, J. L. (2015). Microencapsulación de componentes bioactivos. *Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 66, 64–70. <https://doi.org/10.33064/iycuaa2015663571>

Pedrali, D., Scarafoni, A., Giorgi, A., & Lavelli, V. (2023). Binary Alginate-Whey Protein Hydrogels for Antioxidant Encapsulation. *Antioxidants*, 12(6), 1–17. <https://doi.org/10.3390/antiox12061192>

Phunpee, S., Saesoo, S., Sramala, I., Jarussophon, S., Sajomsang, W., Puttipipatkajorn, S., Soottitantawat, A., & Ruktanonchai, U. R. (2016). A comparison of eugenol and menthol on encapsulation characteristics with water-soluble quaternized β -cyclodextrin grafted chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 84, 472–480. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.11.006>

Ramírez, A., Benítez, J. L., De Astudillo, L. R., & De Gáscue, B. R. (2016). Materiales polimeros de tipo hidrogeles: Revisión sobre su caracterización mediante FTIR, DSC, MEB y MET. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 36(2), 108–130.

Turek, C. and Stintzing F. C. (2013). Stability of Essential Oils: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(1), 40-53. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12006>

Silva, M. A., Trevisan, G., Klafke, J. Z., Rossato, M. F., Walker, C. I. B., Oliveira, S. M., Silva, C. R., Boligon, A. A., Flores, F. C., Silva, C. D. B., Athayde, M. L., & Ferreira, J. (2013). Antinociceptive and anti-inflammatory effects of Aloe saponaria Haw on thermal injury in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 146(1), 393–401. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.12.055>