

Doi.

Artículo de investigación

Actividad antirradicalaria y encapsulación de extractos de plantas usadas en la medicina tradicional del estado de Guerrero

Antiradical activity and encapsulation of plant extracts used in traditional medicine in the state of Guerrero

Atividade antirradical e encapsulação de extratos vegetais utilizados na medicina tradicional no estado de Guerrero

Fabiola López-Zenaido¹ ID. 0009-0009-6567-5651
Ma. Elena Moreno-Godínez² ID. 0000-0001-7080-6323
Angélica Catalán-Neira³ ID. 0000-0002-6267-038X
Patricia Álvarez-Fitz^{4*} ID. 0000-0001-5991-4577

¹Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero. Av. Lázaro Cárdenas, S/N Ciudad Universitaria, Col. La Haciendita, 39070, Chilpancingo, Guerrero, México.

²Laboratorio de Toxicología y Salud Ambiental. Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero. Av. Lázaro Cárdenas, S/N Ciudad Universitaria, Col. La Haciendita, 39070, Chilpancingo, Guerrero, México.

³Jardín Botánico. Universidad Autónoma de Guerrero. Av. Lázaro Cárdenas, S/N Ciudad Universitaria, Col. La Haciendita, 39070, Chilpancingo, Guerrero, México.

⁴CONAHCyT - Universidad Autónoma de Guerrero, Av. Lázaro Cárdenas s/n, Ciudad Universitaria Sur, Col. La Haciendita, 39070, Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México.

*Autor de correspondencia paty_fitz@hotmail.com

Enviado: 03/02/2024

Revisado: 06/03/2024

Aprobado: 08/05/2024

Publicado: 15/06/2024

Resumen

En el estado de Guerrero muchas plantas son utilizadas debido a sus propiedades medicinales, valor cultural y nutricional. Actualmente existe un interés en la investigación de plantas medicinales que puedan ser utilizadas en la industria farmacéutica, de los alimentos y cosmética. El objetivo del trabajo fue evaluar la actividad antirradicalaria y encapsular los extractos acuosos obtenidos de siete plantas utilizadas en la medicina tradicional en el estado de Guerrero. Los extractos acuosos de *Justicia spicigera* (muicle), *Artemisia ludoviciana* (estafiate), *Kalanchoe daigremontiana* (kalanchoe), *Coleus hadiensis* (vaporub), *Eucalyptus globulus* (eucalipto) *Tecoma stans* (nixtamaxuchitl) y *Cascabela thevetioides* (yoyote) se obtuvieron mediante el método de infusión. La actividad antirradicalaria se determinó mediante el método de DPPH•. Los encapsulados se obtuvieron mediante la técnica de gelificación iónica utilizando alginato de sodio. Los extractos que presentaron la mayor actividad captadora del radical DPPH• fueron K.

daigremontiana (kalanchoe), *E. globulus* (vaporud), *T. stans* (nixtamaxuchitl) y *C. thevetioides* (yoyote) ($p < 0.001$). Se obtuvieron encapsulados con formas esféricas irregulares y tamaños promedios de 4.19-5.02 mm. Los extractos acuosos encapsulados de las plantas *K. daigremontiana* (kalanchoe), *E. globulus* (vaporud), *T. stans* (nixtamaxuchitl) y *C. thevetioides* (yoyote) representan una nueva alternativa para la obtención de productos naturales antioxidantes, saludables e innovadores que pudieran utilizarse en un futuro en la industria farmacéutica, alimentaria y cosmética.

Palabras clave: actividad antirradicalaria, gelificación iónica, encapsulación, extractos acuosos, extractos de plantas

Abstract

In the State of Guerrero many plants are used due to their medicinal properties, cultural and nutritional value. Currently there is interest in research into medicinal plants that can be used in the pharmaceutical, food and cosmetic industries. The objective of the work was to evaluate the antiradical activity and encapsulate aqueous extracts obtained from seven plants used in traditional medicine in the State of Guerrero. The aqueous extracts of *Justicia spicigera* (muicle), *Artemisia ludoviciana* (estafiate), *Kalanchoe daigremontiana* (kalanchoe), *Coleus hadiensis* (vaporub), *Eucalyptus globulus* (eucalipto), *Tecoma stans* (nixtamaxuchitl) and *Cascabela thevetioides* (yoyote) were obtained by the method of infusion. The antiradical activity was determined by the DPPH• method. The encapsulates were obtained through the ionic gelation technique using sodium alginate. The extracts that presented the highest DPPH• radical scavenging activity were *K. daigremontiana* (kalanchoe), *E. globulus* (vaporud), *T. stans* (nixtamaxuchitl) and *C. thevetioides* (yoyote) ($p < 0.001$). Encapsulated with irregular spherical shapes and average sizes of 4.19-5.02 mm were obtained. The encapsulated aqueous extracts of the plants *K. daigremontiana* (kalanchoe), *E. globulus* (vaporud), *T. stans* (nixtamaxuchitl) and *C. thevetioides* (yoyote) represent a new alternative for obtaining antioxidant, healthy and innovative natural products that could be used in the future in the pharmaceutical, food and cosmetic industries.

Keywords: antiradical activity, ionic gelation, encapsulation, aqueous extracts, plant extracts

Resumo

No estado de Guerrero, muitas plantas são utilizadas por suas propriedades medicinais, valor cultural e valor nutricional. Atualmente, há interesse em pesquisar plantas medicinais que possam ser utilizadas nas indústrias farmacêutica, alimentícia e cosmética. O objetivo deste estudo foi avaliar a atividade antioxidante e encapsular extratos aquosos obtidos de sete plantas utilizadas na medicina tradicional do estado de Guerrero. Extratos aquosos de *Justicia spicigera* (muicle), *Artemisia ludoviciana* (estafiate), *Kalanchoe daigremontiana* (kalanchoe), *Coleus hadiensis* (vaporub), *Eucalyptus globulus* (eucalipto), *Tecoma stans* (nixtamaxuchitl) e *Cascabela thevetioides* (yoyote) foram obtidos pelo método de infusão. A atividade antioxidante foi determinada pelo método DPPH₂. As encapsulações foram obtidas pela técnica de gelificação iônica com alginato de sódio. Os extratos que apresentaram a maior atividade de eliminação do radical DPPH• foram os de *K. daigremontiana* (kalanchoe), *E. globulus* (vaporud), *T. stans* (nixtamaxuchitl) e *C. thevetioides* (yoyote) ($p < 0,001$). Estes foram encapsulados com formatos esféricos irregulares e tamanhos médios de 4,19–5,02 mm. Os extratos aquosos encapsulados de *K. daigremontiana* (kalanchoe), *E. globulus* (vaporud), *T. stans* (nixtamaxuchitl) e *C. thevetioides* (yoyote) representam uma nova alternativa para a obtenção de produtos naturais antioxidantes inovadores e saudáveis, que poderão ser utilizados futuramente nas indústrias farmacêutica, alimentícia e cosmética.

Palavras-chave: atividade antirradical, gelificação iônica, encapsulamento, extratos aquosos, extratos vegetais.

Introducción

En México, la medicina tradicional es una opción

utilizada de manera histórica en diferentes culturas y subculturas étnicas, afrodescendientes, mestizas, urbanas y rurales (Jasso-Gándara *et al.*, 2020; Urióstegui-Flores y Villaseñor-Franco, 2021). México cuenta con aproximadamente 5000 especies de plantas medicinales y la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que el 80% de la población mundial ha consumido alguna en fresco (consumo directo), en infusiones o en presentaciones homeopáticas al menos una vez en su vida (Martínez, 1996; Guzmán *et al.*, 2017; OMS, 2013). El consumo de plantas

medicinales ha aumentado en los últimos años debido a sus propiedades farmacológicas, su bajo costo, alta disponibilidad y efectos secundarios reducidos. Además, la OMS sugiere la adopción de prácticas tradicionales como una herramienta para mantener la salud (OMS, 2013). Si bien, se conoce que las plantas son medicinales, se ha documentado que sus propiedades biológicas se deben al amplio espectro de compuestos bioactivos presentes en ellas, como los alcaloides, carotenoides, flavonoides, taninos, terpenos y saponinas, entre otros (Vitale *et al.*, 2022).

Actualmente, es cada vez más evidente que los ingredientes que se consideran nutraceuticos

(extractos de plantas, proteínas, productos derivados de probióticos, entre otros) se ofrezcan en novedosas presentaciones. Con la finalidad de adaptarse a las nuevas tendencias en el área de los alimentos, se ha desarrollado la encapsulación, para proteger productos alimenticios, farmacéuticos, cosméticos y productos naturales donde ya se empiezan a microencapsular pigmentos como licopeno, luteína, antocianinas, astaxantinas (carotenoides de animales acuáticos), pigmentos de flores y de nopal (Ortiz-Romero *et al.*, 2021; Neira-Carrillo *et al.*, 2013). La técnica consiste en recubrir los productos con material generalmente polimérico (alginato, maltodextrina y almidones). La encapsulación desempeña un rol importante en la industria, y las compañías y centros de investigación buscan nuevos ingredientes antioxidantes (extractos, fitoquímicos, fitoesteroles, pro y prebióticos, polifenoles) con posibles beneficios que puedan ser encapsulados y con potencial de uso en alimentos, fármacos o cosméticos (Neira-Carrillo *et al.*, 2013).

En Guerrero, los grupos indígenas conservan el conocimiento tradicional sobre el uso de plantas medicinales en diversas regiones (la Costa Chica, Taxco, Tixtla, la Montaña y la Estacada). Dentro de los usos que se les da a las plantas se encuentran para aliviar la tos, fiebre, diarrea, dolores estomacales, hemorroides, dolor de muelas, infecciones urinarias, dolor de cabeza, conjuntivitis, vomito, gripa, infecciones de la piel, cáncer, diabetes, disentería entre otras (Barrera, 1998; Juárez-Vázquez *et al.*, 2013; Barrera-Catalán *et al.*, 2015; Urióstegui-Flores, 2015; Mendoza-Maldonado *et al.*, 2020; Urióstegui-Flores y Villaseñor-Franco, 2021).

El objetivo de este trabajo fue determinar la actividad antirradicalaria y encapsular los extractos acuosos obtenidos de plantas utilizadas en la medicina tradicional del estado de Guerrero.

Material y métodos

Material vegetal

Las hojas de *Justicia spicigera* Schltdl. (muicle), *Artemisia ludoviciana* Nutt. (estafiate), *Kalanchoe daigremontiana* Raym-Hamet & H. Perrier. (kalanchoe), *Coleus hadiensis* (Forssk.)-A.J. Paton. (vaporub), *Eucalyptus globulus* Labill.

(eucalipto) *Tecoma stans* (L.) Juss. Ex Kunth. (nixtamaxuchitl) y las flores de *Cascabela thevetioides* (Kunth) Lippold. (yoyote) se colectaron en el Jardín Botánico de la Universidad Autónoma de Guerrero. Fueron autenticadas por la M. en C. Angélica Catalán Neria y cuentan con los siguientes números de catálogo 71.3, 75.1, 23.5, 81.1, 42.2, 11.2 y 6.2 respectivamente.

Obtención de extractos y Preparación de encapsulados

Para la obtención del extracto acuoso, las hojas de *J. spicigera*, *A. ludoviciana*, *K. daigremontiana*, *C. hadiensis*, *E. globulus* y *T. stans* y las flores *C. thevetioides* (Figura1A-G) se limpiaron y se cortaron en trozos de aproximadamente 3 x 2 cm. Posteriormente, el material vegetal (20 g) se sometió a una extracción sólido-líquido mediante la técnica de infusión (Mena-Valdés *et al.*, 2015). Se colocó el material vegetal en 200 mL de agua destilada caliente (83°C) durante 2 h. Transcurrido el tiempo, se filtró y se obtuvo la fase acuosa (extracto acuoso). Los encapsulados se obtuvieron mediante gelificación iónica por goteo sobre una solución de cloruro de calcio. Se tomaron los extractos acuosos (200 mL) y se mezclaron con alginato de sodio (5 g en 500 mL de agua destilada) hasta la completa disolución del alginato. Posteriormente esta mezcla fue goteada con la ayuda de pipetas de transferencia de 5 mL sobre una solución de cloruro de calcio (CaCl_2 ; 3 g en 500 mL de agua destilada) contenida en un vaso de precipitados (agitación magnética) ubicada a una distancia de 10 cm debajo del pico de la pipeta. Los encapsulados permanecieron 10 min en la solución de CaCl_2 , luego fueron filtrados y lavados con agua destilada, posteriormente se secaron y se transfirieron a un frasco limpio. El diámetro de los encapsulados fue determinado con un calibrador digital, determinando el promedio de diámetro de 20 capsulas.

Actividad antirradicalaria in vitro de los extractos

Ensayo del 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH•). El método de DPPH• se realizó de acuerdo con lo propuesto por Sulaiman *et al.*,

(2011). Para la elaboración de la curva de calibración se utilizó el antioxidante estándar ácido ascórbico (a.a) a concentraciones de 50-500 µg/mL. En placas de 96 pozos se adicionaron 50 µL de las concentraciones de a.a, posteriormente se agregaron 150 µL de la solución de DPPH• (0.3 mM) en todos los pocillos y se incubó la placa a temperatura ambiente durante 30 min en oscuridad. Transcurrido el tiempo la placa fue leída en un espectrofotómetro (Stat Fax 2100) a 545 nm, con las absorbancias obtenidas se obtuvo una gráfica y para la obtención de la ecuación de la recta se realizó un análisis de regresión en el programa estadístico Sigma Plot 11.0. Una vez determinados los parámetros de la curva de ácido ascórbico se determinaron los µg equivalentes de a.a/mL en las muestras, para ello se tomaron 50 µL de los extractos acuosos, y se realizó el método antes descrito, realizando las determinaciones por triplicado.

Análisis estadísticos

Los datos se expresaron como media $\pm$ desviación estándar. El análisis estadístico se realizó con el programa Sigma Plot 11.0. Las diferencias estadísticas se determinaron por el análisis de varianza ANOVA de una vía mediante comparación con la posprueba de Tukey ($p < 0.05$).

Resultados

Obtención de extractos y Preparación de encapsulados

Respecto al material vegetal utilizado, las hojas fueron: coloración verde, fresca y limpia; mientras que las flores fueron amarillas y sanas (Figura 1 A1-G1). Una vez obtenidos los extractos acuosos, se observó que estos presentaron diferentes tonalidades, el extracto de

J. spicigera presentó coloración purpura (Figura 1 A2); mientras que para los extractos de *E. globulus*, *A. ludoviciana* y *T. stans* las tonalidades presentadas fueron amarillas (Fig 1 D2, F2 y G2), ámbar para el extracto de *C. thevetioides* (Figura 1 B2) y finalmente incoloro para *K. daigremontiana* y *C. hadiensis* (Figura 1 C2 y E2).

La encapsulación es una técnica usada para el desarrollo de nuevos nutraceuticos y alimentos funcionales. Esta tecnología tiene como objetivos

principales proteger los compuestos activos de la degradación producida por el ambiente, liberar de manera controlada los compuestos activos desde la matriz encapsulante, enmascarar sabores desagradables, modificar las características físicas del material original y hacer más fácil su manipulación, por lo que su uso de esta técnica ha aumentado (Ortiz-Romero *et al.*, 2021). En la Figura 2 se muestran los encapsulados de alginato obtenidos mediante la utilización de la técnica de gelificación iónica. Se obtuvieron encapsulados húmedos que presentaron diferencias en coloración (Figura 2 A-G), que fueron relativamente iguales a las tonalidades presentadas por los extractos acuosos frescos (Figura 1 A2-G2). En cuanto al tamaño, presentaron diámetros promedios de 4.5 ± 0.54 , 4.52 ± 0.42 , 4.19 ± 0.54 , 4.79 ± 0.53 , 4.39 ± 0.62 mm para los encapsulados de *J. spicigera* (Figura 2 A1), *C. thevetioides* (Figura 2 B1), *K. daigremontiana* (Figura 2 C1), *E. globulus* (Figura 2 D1), *C. hadiensis* (Figura 2 E1) y *A. ludoviciana* (Figura 2 F1) respectivamente; mientras que los encapsulados obtenidos de *T. stans* (Figura 2 G1) fueron más grandes (5.02 ± 0.54 mm) en comparación con el resto de los encapsulados ($p < 0.001$) y con respecto a la forma, todas los encapsulados obtenidos presentaron forma esférica irregular (Figura 2).

Actividad antirradicalaria in vitro de los extractos

La actividad captadora de radicales libres o antirradicalaria se define como la capacidad de los componentes para reaccionar con los radicales libres (en una sola reacción de radicales libres) o por lo que para determinar esta actividad se utilizan radicales libres estables como el DPPH• o el ABTS•+ (Tirzitis y Bartosz, 2010). Evaluar esta actividad proporciona un indicativo de que los extractos pudieran presentar actividad antioxidante. En este sentido existe un interés en el empleo de fuentes de antioxidantes naturales, ya que los consumidores se inclinan por el uso de ingredientes naturales, provenientes, principalmente, de plantas medicinales. En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de los extractos acuosos de las plantas analizadas. Se

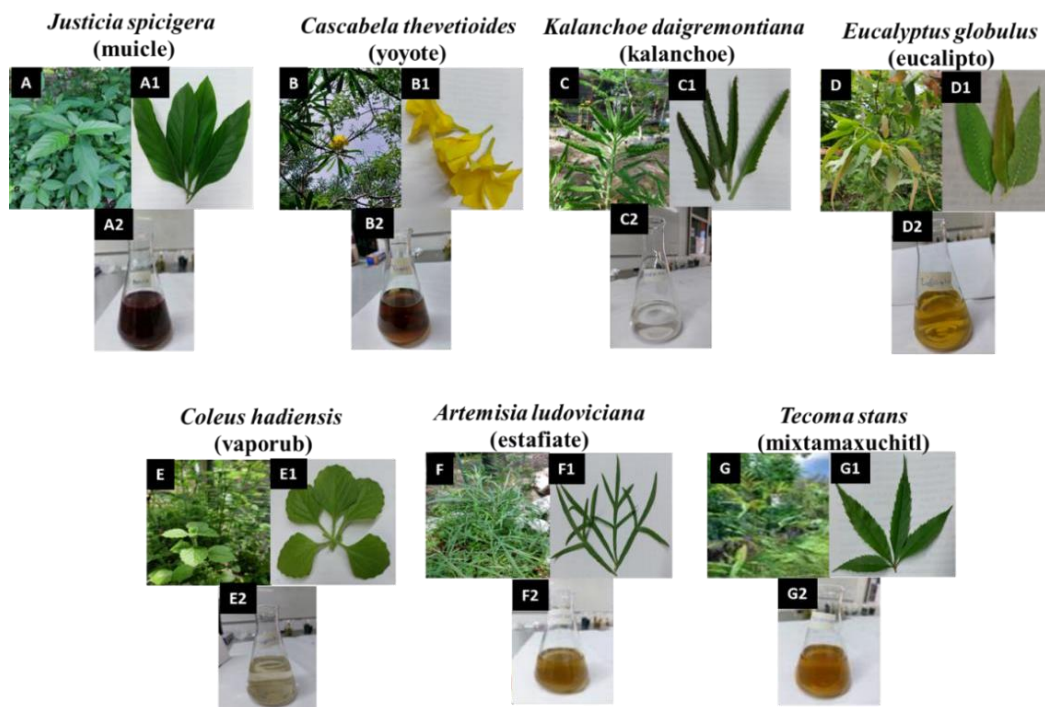


Figura 1. Fotografías de las plantas medicinales elegidas para la obtención de los extractos A-G) plantas del jardín botánico de la UAGro, hojas y flores colectadas A1-G1), extractos acuosos obtenidos de cada especie vegetal A2-G2)

determinó que la mayor capacidad captadora del radical libre DPPH• expresada como $\mu\text{g eq a.a/mL}$ de extracto, la presentaron los extracto de *K. daigremontiana*, *E. globulus*, *T. stans* y *C. hadiensis* ($p < 0.001$), mientras que fue poca para el extracto de *C. thevetioides* y nula para los extractos de *J. spicigera* y *A. ludoviciana*.

Discusión y conclusiones

En la medicina tradicional, las plantas con propiedades curativas juegan un papel muy importante para mantener la salud de la población. Por lo que se considera cada vez más importante revalorar el uso de las plantas medicinales e investigar de manera científica el conocimiento tradicional de la flora medicinal de las comunidades. En este trabajo, se seleccionaron las plantas *Justicia spicigera* (muicle), *Artemisia ludoviciana* (estafiate), *Kalanchoe daigremontiana* (kalanchoe), *Coleus hadiensis* (vaporub), *Eucalyptus globulus* (eucalipto) *Tecoma stans* (mixtamaxuchitl) y *Cascabela*

thetvioides (yoyote) que son utilizadas popularmente en la medicina tradicional del estado de Guerrero para aliviar la tos, fiebre, diarrea, dolores estomacales, hemorroides, dolor de muelas, infecciones urinarias, dolor de cabeza, conjuntivitis, vomito, gripa, infecciones de la piel, cáncer, diabetes, disentería entre otras (Juárez-Vázquez *et al.*, 2013; Barrera-Catalán *et al.*, 2015; Urióstegui-Flores, 2015; Mendoza-Maldonado *et al.*, 2020; Urióstegui-Flores y Villaseñor-Franco, 2021). Se obtuvieron los extractos acuosos de las plantas antes mencionadas, y se observó que estos presentaron coloraciones específicas. La diferencia en cuanto a tonalidades se debe a la presencia de pigmentos solubles que les confieren estas coloraciones, por ejemplo: las antocianinas proporcionan tonalidades rosas, azules y moradas, mientras que los flavonoides y algunos carotenoides otorgan coloraciones amarillas (Cartaya y Reynaldo, 2001; Puig *et al.*, 2018). Por otro lado, la ausencia de tonalidad se debe a que estos extractos no presentan compuestos solubles

Tabla 1.- Actividad antirradicalaria de los extractos acuosos de plantas medicinales de Guerrero.

Extracto acuoso	Actividad Antirradical DPPH• ($\mu\text{g eq a.a/mL de extracto}$)
<i>Justicia spicigera</i>	NP
<i>Artemisia ludoviciana</i>	NP
<i>Kalanchoe daigremontiana</i>	$5,771.14 \pm 10.06^a$
<i>Coleus hadiensis</i>	$3,383.08 \pm 10.15^d$
<i>Eucalyptus globulus</i>	$4,825.87 \pm 5.02^b$
<i>Tecoma stans</i>	$4,378.10 \pm 6.39^c$
<i>Cascabela thevetioides</i>	945.27 ± 7.5^e

Los valores representan el promedio $\pm$ desviación estándar (n=3). Letras diferentes indican diferencia estadística significativa (ANOVA, $p < 0.001$, posprueba de Tukey). NP: no presentó actividad.

en agua que les puedan proporcionar una coloración; sin embargo, pueden ser ricos en otros compuestos polares incoloros como la vitamina C (Babalola *et al.*, 2001). Algunos compuestos que les confieren coloración a los extractos se consideran funcionales como las antocianinas y los polifenoles por sus efectos benéficos para la salud debido a su capacidad antioxidante (Hasna, 2009). Por lo tanto, se busca proporcionales un valor agregado a estos extractos, y mediante la técnica de encapsulación por gelificación iónica se pueden obtener productos novedosos. Una vez que se obtuvieron las capsulas, se observó que estas aún conservaban las tonalidades de los extractos acuosos frescos, y en este sentido, la tonalidad púrpura que presentaron las capsulas obtenidas del extracto acuoso de *J. spicigera* se deben a la presencia de compuestos fenólicos como las antocianinas (Baqueiro-Peña y Guerrero-Beltrán 2017; Castro-Alatorre *et al.*, 2021); mientras que para los extractos acuosos de

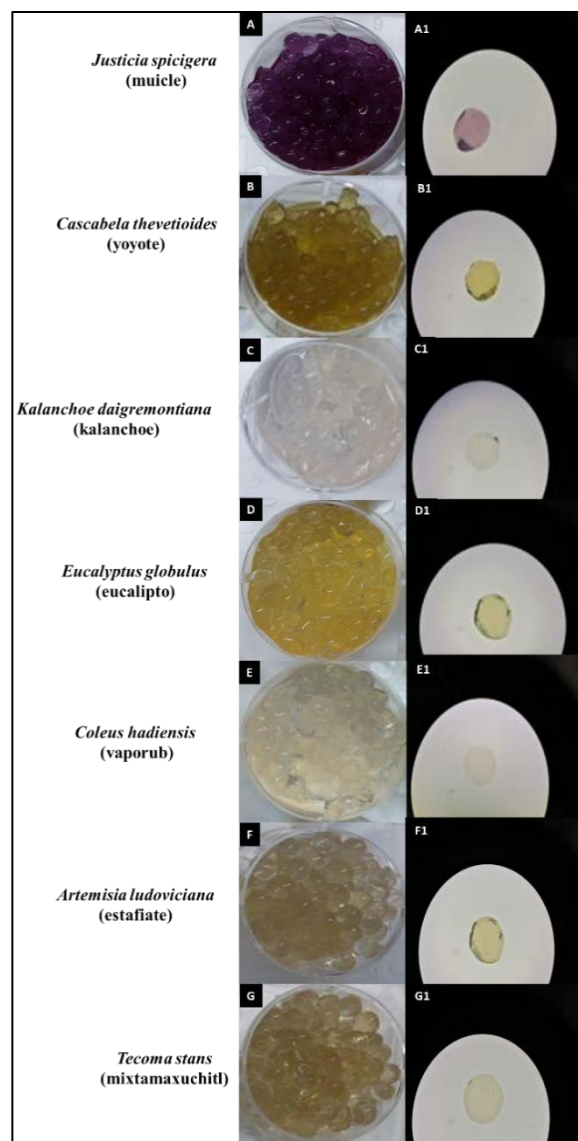


Figura 2. Imágenes de los encapsulados obtenidos de los extractos acuosos de *J. spicigera*, *C. thevetioides*, *K. daigremontiana*, *E. globulus*, *C. hadiensis*, *A. ludoviciana* y *T. stans* mediante gelificación iónica. (A-G) vista macroscópica de las cápsulas (A1-G1) capsulas observadas en estereoscopio.

E. globulus y *T. stans*, las tonalidades amarillas se deban a la presencia de algunos flavonoides (rutina y quercetina), flavonas, flavonoles y algunos carotenoides (Cartaya y Reynaldo, 2001; Puig *et al.*, 2018). Aunque mediante la técnica de gelificación iónica se obtienen capsulas que

pueden oscilar entre 1000-10000 μm (1-10 mm); el tamaño y la esfericidad de los encapsulados obtenidos en este trabajo presentaron variaciones, y entre los factores que pueden afectar estos parámetros se encuentran la concentración de la solución de alginato de sodio, la solución gelificante (tipo de iones y concentración), tamaño del orificio de goteo (que es particularmente el más influyente), la distancia de caída de la gota, la velocidad de agitación, el tiempo de inmersión en la solución de cloruro de calcio, el pH y la cantidad del extracto (Salgado-Padilla, 2020).

Si bien, se ha logrado encapsular extractos acuosos mediante la técnica de gelificación iónica, se requiere que estos nuevos productos presenten una actividad biológica que les proporcionará una actividad nutracéutica, y la actividad antirradicalaria y antioxidante son de las más investigadas. Los resultados mostraron que los extractos de *K. daigremontiana*, *E. globulus*, *T. stans* y *C. hadiensis* presentaron la mejor capacidad antirradical DPPH•. La actividad captadora del radical DPPH• de extractos de *K. daigremontiana* ya ha sido evaluada, y Báez et al. (2021), determinaron que los extractos hidroalcohólicos (etanol y metanol) obtenidos de las partes aéreas de esta planta, presentaron un rango de actividad entre 3510- 4410 $\mu\text{g/mL}$, atribuyéndole esta actividad a la concentración de polifenoles (fenoles y flavonoides). Por otro lado, Martínez-Báez et al. (2016), determinaron que para *T. stans*, la actividad antirradicalaria contra el radical DPPH• presentó una CI_{50} de 29 $\mu\text{g/mL}$, posicionándola como una buena planta antioxidante. Por su parte para *E. globulus*, Bello et al. (2021), determinaron que el extracto etanólico desgrasado presentó actividad para inhibir el radical DPPH• a una concentración de 200 $\mu\text{g/mL}$, inhibiendo del 91-97% del radical.

Los resultados mostraron que los extractos acuosos de *K. daigremontiana*, *E. globulus*, *T. stans* y *C. hadiensis* contienen metabolitos que les proporcionan buena actividad captadora de radicales libres, lo que pudiera sugerir que poseen también buena actividad antioxidante. Se pudieron obtener mediante la técnica de gelificación iónica encapsulados que representan una nueva alternativa que ayudará a agregar un

valor a estas plantas utilizadas en la medicina tradicional en el estado de Guerrero para que se conviertan en una fuente promisorio de productos alimenticios saludables e innovadores para los sectores alimentario, farmacéutico y de cosméticos. Los resultados obtenidos confirman el potencial para usar los extractos acuosos de plantas guerrerenses; sin embargo, se requiere de investigaciones adicionales que permitan integrar otros datos científicos y proporcionar evidencia para el uso de estos extractos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al programa 9º Verano de Jóvenes en la Ciencia UAGro 2022, la beca otorgada a la estudiante Fabiola López Zenaído, que le permitió realizar una estancia de investigación en el Laboratorio de Toxicología y Salud Ambiental de la Facultad de Ciencias Químico-Biológicas. Proyecto 322334-Infraestructura-CONACYT 2023.

Referencias

- Babalola, S.O., Babalola, A.O., Aworth, O.C. (2001). Composition attributes of the calyces of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). The Journal of Food Technology in Africa, 6, 133-134. <http://hdl.handle.net/1807/3404>
- Báez, M., Torres, E.I., Gruszycki, A.E., Alba, D.A., Valenzuela, G.M., Gruszycki, M.R. (2021). Actividad antioxidante y antiinflamatoria en extractos hidroalcohólicos de *Kalanchoe daigremontiana* Raym-Hamet & H. Perrier. Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas, 50, 86-99. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v50n1.95450>
- Baqueiro-Peña, I., Guerrero-Beltrán, J.Á. (2017). Physicochemical and antioxidant characterization of *Justicia spicigera*. Journal of Food Chemistry, 218, 305-312. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.078>
- Barrera-Catalán, E., Herrera-Castro, N., Catalán-Heverástico, C., Ávila-Sánchez, P. (2015). Plantas medicinales del municipio de Tixtla de Guerrero, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 3881, 109-111.

- Barrera, E. (1990). Estudio etnobotánico de plantas medicinales en la Estacada municipio de Tixtla, Guerrero. México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Químico Biológicas. Universidad Autónoma de Guerrero. México, 135p.
- Bello, M.; Jiddah-kazeem, B.; Fatoki, T.H.; Ibukun, E.O.; Akinmoladun, A.C. Antioxidant Property of Eucalyptus Globulus Labill. Extracts and Inhibitory Activities on Carbohydrate Metabolizing Enzymes Related to Type-2 Diabetes. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 36, 102111. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102111>
- Cartaya, O., Reynaldo, I. (2001). Flavonoides: características químicas y aplicaciones. *Cultivos Tropicales*, 22, 5-14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215009001>
- Castro-Alatorre, N.C., Gallardo-Velázquez, T., Boyano-Orozco, L.C., Téllez-Medina, Meza-Márquez, O.G., Osorio-Revilla, G. (2021). Extraction and microencapsulation of bioactive compounds from muicle (*Justicia spicigera*) and their use in the formulation of functional foods. *Foods*, 10, 1747. <https://doi.org/10.3390/foods10081747>
- Guzmán-Maldonado, S.H., Díaz-Huacuz, R.S., González-Chavira, M.M. (2017). Plantas Medicinales: la realidad de una tradición ancestral. SAGARPA-INIFAP folleto informativo 1. ISBN:978-607-37-0856-2. https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/_media/_folletoinformativo/1044_4729_Plantas_medicinales_la_realidad_de_una_tradici%C3%B3n_ancestral.pdf
- Hasna, E.G. (2009). Polyphenols: food source, properties, and applications A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 44, 2512-2518. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02077.x>
- Jasso-Gándara, S.N., Estrada-Castillón, E., Encina-Domínguez, J.A., Villareal-Quintanilla, J.A., Arévalo-Sierra, J.R. (2020). Plants used as medicinal in Guémez Tamaulipas, north-eastern Mexico. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48, 1130-1140. <https://doi.org/10.15835/nbha48311955>
- Juárez-Vázquez, M.C., Carranza-Álvarez, C., Alonso-Castro, A.J., González-Alcaraz, V.F., Bravo-Acevedo, E., Chamarro-Tinajero, F.J., Solano, E. (2013). Ethnobotany of medicinal plants used in Xalpatlahuac, Guerrero, México. *Journal of Ethnopharmacology*, 148, 521-527. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.04.048>
- Martínez, M. (1996). Las plantas medicinales de México. Editorial Botas, México, ISBN: 968-6334-07-6. 720p.
- Martínez-Báez, A.Z., Oranday-Cárdenas, A., Verde-Star, J., Arévalo-Niño, K., Ibarra-Salas, M.J., González-González, G.M., Rodríguez-Garza, R.G. (2016). Estudio preliminar sobre la actividad antioxidante y antibacteriana de los extractos metanólicos de *Azadirachta indica*, *Juglans regia*, *Tecoma stans* y *Magnolia grandiflora*. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 47, 36-44. <https://www.redalyc.org/pdf/579/57956610004.pdf>
- Mena-Valdés, L., Tamargo-Santos, B., Salas-Olivet, E., Plaza-Paredes, L.E., Blanco-Hernández, Y., Otero-González, A., Sierra-González, G. (2015). Determinación de saponinas y otros metabolitos secundarios en extractos acuosos de *Sapindus saponaria* L. (jaboncillo). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20, 106-116. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962015000100010
- Mendoza-Maldonado, A., Silva-Aparicio, M., Castro-Ramírez, A.E. (2020). Etnobotánica medicinal de comunidades Nuu Savi de la montaña de Guerrero, México. *Etnobiología*, 18, 78-94.
- Neira-Carrillo, A., Yáñez-Muñoz, D., Aguirre-Zazzali, P., Amar-Marini, Y., Vidal-Vilches, S., Egaña-Palma, R. (2013). Encapsulación de biomoléculas usando polímeros naturales: “un nuevo enfoque en la entrega de fármacos en medicina”. *Avances en Ciencias Veterinarias*, 28, 31-40. <https://revistateoria.uchile.cl/index.php/ACV/article/view/30204/31978>
- OMS (2013). Estrategia de la OMS sobre la medicina tradicional 2014-2023. Organización Mundial de la Salud.

- https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/95008/9789243506098_spa.pdf
- Ortiz-Romero, N., Ochoa-Martínez, L.A., González-Herrera, S.M., Rutiaga-Quñones, O.M., Gallegos-Infante, J.A. (2021). Avances en las investigaciones sobre la encapsulación mediante gelación iónica: una revisión sistémica. *Tecnológicas*, 24, e1962.
<https://doi.org/10.22430/22565337.1962>
- Puig, C.G., Reigosa, M.J., Valentão, P., Andrade, P.B., Pedrol, N. (2018). Unravelling the bioherbicide potential of *Eucalyptus globulus* Labill. Biochemistry and effects of its aqueous extract. *PloSONE*, 13, 1-16.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192872>
- Salgado-Padilla, J.D. (2020). Una revisión de la microencapsulación de compuestos polifenólicos en la industria alimentaria y farmacéutica. Tesis de Pregrado, Facultad de Ciencias Farmacéuticas, programa de Química Farmacéutica, Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias D, T y C.
[Una revisión de la Microencapsulación de compuestos polifenólicos en la industria alimentaria y farmacéutica \(unicartagena.edu.co\)](https://doi.org/10.22430/22565337.1962)
- Sulaiman, S.F., Sajak, A.A.B., Ooi, K.L., Supriatno, S., Seow, E.M. (2011). Effect of solvents in extracting polyphenols and antioxidants of selected raw vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 506-515.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.01.020>
- Tirzitis, G., Bartosz, G. (2010). Determination of antiradical and antioxidant activity: basic principles and new insights. *Acta Biochimica Polonica*, 57, 139-42.
- Urióstegui-Flores, A., Villaseñor-Franco, A. (2021). Plantas medicinales empleadas en comunidades del Estado de Guerrero (México). *Revista de Salud Pública*, 23, 1-8.
[Plantas medicinales empleadas en comunidades del Estado de Guerrero \(México\) | Revista de Salud Pública \(unal.edu.co\)](https://doi.org/10.15446/rsap.v17n1.42235)
- Urióstegui-Flores, A. (2015). Hierbas medicinales utilizadas en la atención del sistema digestivo en la ciudad de Taxco, Guerrero. México. *Revista de Salud Pública*, 17, 85-96.
<https://doi.org/10.15446/rsap.v17n1.42235>
- Vitale, S., Colanero, S., Placidi, M., Di Emidio, G., Tatone, C., Amicarelli, F., D'Alessandro, A.M. (2022). Phytochemistry and biological activity of medicinal plants in wound healing: An overview of current research. *Molecules*, 27, 3566.