

Actividad funcional de bebida de *Selenicereus undatus* enriquecida con cápsulas de extractos vegetales

García Paredes Rosa Irina¹; Tubay Bermúdez Carlos Julio²; Vélez Saltos Cristina Simone³; Lucas Vera Kimberly Mayerlyn⁴; Macías Vera Jorge David⁵; Sacón Vera Ely Fernando⁶; Carlos Andrés Guato Guevara⁷; Bravo Loor Johnny Daniel⁸

Resumen

Al ser fuente de compuestos bioactivos (antioxidantes, anticancerígenos, antimicrobianos), las plantas medicinales han sido un recurso importante para el ser humano, no obstante, dichos elementos son inestables y volátiles, lo que los hace susceptibles al deterioro. En la presente investigación, se evaluó la actividad antioxidante y contenido fenólico en una bebida de pitahaya, enriquecida con cápsulas de extractos vegetales obtenidas de cinco especies silvestres de la provincia de Manabí siendo: T1 (bebida + *Cymbopogon flexuosus*), T2 (bebida + *Ocimum tenuiflorum*), T3 (bebidas + *Lippia alba*), T4 (bebida + *Alpinia zerumbet*) y T5 (bebida + *Mentha spicata*). Los extractos fueron encapsulados por el método gelificación iónica, mientras que la actividad antioxidante y contenido fenólico se determinó por ABTS y Folin-Ciocalteu respectivamente. Los resultados obtenidos demostraron que el T4 presentó mayor actividad antioxidante ($3,96 \pm 0,01$ mg/L Trolox), a diferencia de T1 con una actividad antioxidante menor ($3,72 \pm 0,00$ mg/L Trolox). En cuanto al contenido fenólico, se observó que el T3 tuvo mayor contenido fenólico, ($1281,37 \pm 4,57$) mg EAG/ml, mientras que T1 se observó una menor actividad funcional de ($866,37 \pm 9,99$) mg EAG/ml. La incorporación de cápsulas con extractos vegetales podría potenciar y enriquecer las propiedades funcionales de bebidas y de esta manera aprovechar las bondades.

Palabras claves: Antioxidante, contenido fenólico, encapsulación, fruta, zumo.

Functional activity of *Selenicereus undatus* beverage enriched with plant extract capsules

Abstract

As a source of bioactive compounds (antioxidants, anticarcinogenic, antimicrobial), medicinal plants have been an important resource for humans, however, these elements are unstable and volatile which makes them susceptible to deterioration. In the present research, we evaluated the antioxidant activity and phenolic content in a pitahaya beverage enriched with capsules of plant extracts obtained from five wild species from the province of Manabí, being: T1 (beverage + *Cymbopogon flexuosus*), T2 (beverage + *Ocimum tenuiflorum*), T3 (beverage + *Lippia alba*), T4 (beverage + *Alpinia zerumbet*) y T5 (beverage + *Mentha spicata*). The extracts were encapsulated by ionic gelation method, while the antioxidant activity and phenolic content were determined by ABTS and Folin-Ciocalteu respectively. The results obtained showed that T4 presented higher antioxidant activity ($3,96 \pm 0,01$ mg/L Trolox), unlike T1, which has lower antioxidant activity ($3,72 \pm 0,00$ mg/L Trolox). Regarding phenolic content, it was observed that T3 had the highest phenolic content ($1281,37 \pm 4,57$) mg EAG/ml, whereas T1 showed lower functional activity ($866,37 \pm 9,99$) mg EAG/ml). The incorporation of capsules with vegetable extracts could enhance and enrich the functional properties of beverages and thus take advantage of the benefits.

Keywords: Antioxidant, phenolic content, encapsulation, fruit, juice.

Recibido: 17 de marzo de 2026

Aceptado: 18 de agosto de 2026

¹ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí; rosa.garcia@espa.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-0310-3676>

² Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí; tubaycarlos21@outlook.es; <https://orcid.org/0000-0003-4129-5493>

³ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí; cristina.velez.41@espa.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0004-8372-8335>

⁴ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí; kimberlyn.lucas.41@espa.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0007-4388-3543>

⁵ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí; jorge.macias.0121@espa.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0001-9069-9593>

⁶ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí; esacon@espa.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-9625-3413>

⁷ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí; andresguato@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0002-8440-2201>

⁸ Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí; jbravo@espa.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-5929-0063>

I. INTRODUCCIÓN

Las plantas medicinales han sido importantes para la humanidad, por sus compuestos bioactivos beneficios para la salud y alimentos (Salmerón et al., 2020; Fazal et al., 2021). A nivel mundial, su mercado oscila en los 100 mil millones de dólares cuya demanda está en auge debido al alto costo y efectos secundarios de la medicina sintética (Ravi y Bharadvaja, 2019). En Ecuador el uso de plantas nativas y silvestres han contribuido en diferentes áreas como la medicina, la terapéutica, agricultura y alimentos (Jiménez et al., 2021).

En la provincia de Manabí, existen diversas especies nativas y silvestres como: *Lippia alba* (mastranto), *Cymbopogon flexuosus* (valeriana), *Mentha spicata* (menta), *Ocimum tenuiflorum* (toronjil) y *Alpinia zerumbet* (porcelana), las cuales poseen actividades anticancerígenas, antioxidantes, antidiabéticas y antimicrobianas (Borromeo et al., 2024; Raman et al., 2024; Rofiatun et al., 2024; (Chibuye, et al., 2024), los radicales libres (FR), especies reactivas de oxígeno (ROS) y especies reactivas de nitrógeno (RNS), son moléculas altamente reactivas que desempeñan funciones cruciales en los sistemas biológicos. Si bien son necesarias para el mantenimiento de las funciones celulares normales, su producción excesiva o una regulación inadecuada provocan estrés oxidativo (EO), asociado a diversas enfermedades. Comprender sus funciones biológicas y su contribución a las enfermedades permite comprender la importancia de los antioxidantes para la salud. (Frontiers in Chemistry, 2023); por esta razón, los extractos de estas plantas podrían ser incorporados en matrices alimenticias, como jugos, para fomentar su valor nutricional y beneficios a la salud.

Los jugos obtenidos de frutas y vegetales son fuente importante de vitaminas, minerales y compuestos bioactivos (Cristiana et al., 2024), sin embargo, pueden deteriorarse por la presencia de microorganismos patógenos, acción enzimática y oxidación lipídica. Los extractos vegetales son una alternativa de compuestos con actividad funcional por poseer moléculas antioxidantes y compuestos fenólicos (Olszewska et al., 2020; Takó et al., 2020). No obstante, los principios bioactivos pueden verse afectados por agentes oxidativos como el sol, temperatura, microorganismos

patógenos y enzimas (Gafner y Bergeron, 2005).

La encapsulación de extractos vegetales se presenta como una alternativa para la conservación de metabolitos secundarios (Tubay et al., 2024), que, al ser incorporados a las bebidas, pueden proteger las moléculas con actividad funcional y superar las limitaciones relacionadas a su baja solubilidad en agua. Este proceso controla la liberación de las sustancias bioactivas, mejorando sus propiedades fisicoquímicas y atenuando las posibles alteraciones sensoriales que los extractos podrían provocar en las bebidas (Ephrem et al., 2018; Koteswara et al., 2022).

La incorporación de extractos vegetales encapsulados en zumos ha ganado relevancia en los últimos años, en un estudio efectuado por Flores et al., (2021) en el cual evaluaron las características fisicoquímicas y actividad antioxidante de yogurt enriquecido con extractos obtenidos de remolacha, evidenciaron que la inclusión de jugo de remolacha encapsulado conservó la actividad antioxidante y preservó el color del yogurt. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Šeregelj et al., (2021) quienes observaron que la fortificación de yogurt con extractos de cáscara de zanahoria logró mejorar las características fisicoquímicas de la bebida y redujo la presencia de microorganismos patógenos prolongando la vida útil del producto.

El aprovechamiento de plantas silvestres de la provincia de Manabí y su incorporación en bebidas crea una alternativa para revalorizar estas especies como conservantes de origen natural mediante la encapsulación de extractos. Por ello, la presente investigación tuvo como finalidad: “Evaluar la actividad funcional de bebida de *Selenicereus undatus* enriquecida con cápsulas de extractos vegetales”.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo, se realizó previamente una revisión bibliográfica en torno a especies silvestres de la provincia de Manabí, Ecuador, lo que permitió identificar las características taxonómicas de valeriana, (*C. flexuosus*), toronjil (*O. tenuiflorum*), mastranto (*L. alba*), porcelana (*A. zerumbet*) y menta (*M. spicata*), siendo recolectadas en zonas rurales de los cantones Bolívar y Sucre.

Preparación del material vegetal

Una vez recolectadas las plantas se secaron en una estufa marca Memmert G609.007 a 40 °C hasta alcanzar una humedad entre 12 % y 15 %. El material vegetal fue triturado y tamizado a un tamaño de partícula (1 mm) en un tamiz marca Standar Test Sieve; posteriormente, las muestras fueron almacenadas en bolsas herméticas y ubicadas en un desecador hasta el momento de su extracción.

Obtención de extractos vegetales acuosos

Este procedimiento se lo realizó considerando la metodología de Biswas et al., (2023) con ciertas modificaciones empleando el método de baño ultrasonido. Se sumergieron 25 g de cada especie deshidratada en 250 mL de agua destilada por un tiempo de 60 min, utilizando un quipo modelo 75T marca VWR. Concluido el periodo de extracción, cada extracto se filtró usando papel Whatman N°1. Los extractos obtenidos se almacenaron en frascos de vidrio color ámbar a temperatura de refrigeración (4 °C).

Encapsulación

Se realizó considerando el procedimiento propuesto por De Moura et al., (2019). En un vaso de 250 mL se diluyó 1,5 g de alginato grado alimenticio y se enraza con agua destilada hasta alcanzar un volumen de 100 mL. Una vez homogenizado se añadió 10 mL de extracto vegetal y se agitó, posteriormente en una jeringuilla se tomó y se dejó gotear en un vaso de precipitación que contenía una dilución de cloruro de calcio

(CaCl₂) al 0,5 %. Transcurridos 5 min con ayuda de un colador se recolectaron las cápsulas ya formadas y se almacenaron en un congelador a -20 °C.

Preparación de la bebida de pitahaya

Las frutas fueron seleccionadas observando que no presenten algún tipo de deterioro provocado por agentes físicos, químicos y microbiológicos. Posteriormente, se desinfectaron por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio (100 ppm) durante 3 min. Las frutas se cortaron longitudinalmente con un cuchillo de acero inoxidable. La corteza se retiró con una cuchara de aluminio y se separó la pulpa, la cual se cortó en rodajas de 3 mm. Para la mezcla, se incorporaron los aditivos: ácido ascórbico, ácido cítrico y agua, esto se lo llevó a una licuadora Skymen, la bebida fue pasteurizada a 65 °C durante 30 min para inactivar microorganismos, y al alcanzar los 55 °C se agregó el azúcar junto con la goma xantan. Inmediatamente se enfrió la bebida a 6 °C con el fin de inactivar microorganismos patógenos y se almacenó en refrigeración.

A cada bebida se incorporó 20 g de cápsulas, con extractos vegetales, las bebidas fueron almacenadas por 24 h antes de realizar los análisis de actividad antioxidante y contenido fenólico.

Tratamientos

Se incorporaron 10 g de cápsulas con extractos vegetales a la bebida por tratamiento, los mismos que se añadieron a la bebida 24 h después de su elaboración. A continuación, se presentan los tratamientos estudiados.

Tabla 1. Tratamientos

Tratamiento	Descripción del tratamiento
T1	Zumo de pitahaya + más cápsulas con <i>C. flexuosus</i>
T2	Zumo de pitahaya + más cápsulas con <i>O. tenuiflorum</i>
T3	Zumo de pitahaya + más cápsulas con <i>L. alba</i>
T4	Zumo de pitahaya + más cápsulas con <i>A. zerumbet</i>
T5	Zumo de pitahaya + más cápsulas con <i>M. spicata</i>

Actividad antioxidante

La actividad antioxidante de los zumos se determinó mediante actividad eliminadora de radicales según la metodología de Shahzad et al., (2022) con ligeras modificaciones en donde se mezcló volúmenes iguales de persulfato de

potasio 2,45 mmol/L y ABTS 7 mmol/L se incubó en refrigeración protegidas de la luz durante 16 h. Posteriormente, se usó agua para diluir la solución preparada hasta que la absorbancia alcanzó 0.700 +/- 0.02 aproximadamente a 734 nm en un espectrofotómetro. Luego, se mezclaron 150 µL de

la bebida previamente diluida en agua (1:40, v/v) con 2850 μ L de la solución diluida del radical ABTS; la reacción se llevó a cabo en un ambiente oscuro durante 2 h. Finalmente, se tomó la absorbancia a 734 nm usando el espectrofotómetro Bioeovepeak modelo SP-LUV759).

Contenido fenólico

El contenido fenólico se determinó utilizando el método de Folin- Ciocalteu, siguiendo la metodología descrita por Lupuche et al., (2021) con ciertas modificaciones. El análisis se realizó mediante espectrofotometría UV visible (Bioeovepeak modelo SP-LUV759), usando el ácido gálico como material de referencia. Para la construcción de la curva de calibración, se preparó una solución patrón de ácido gálico (0,1 g/L), a partir de la cual se realizaron diluciones seriadas en base 10 utilizando agua destilada como diluyente. Adicionalmente, se preparó una solución de carbonato de sodio al 20 % disolviendo 5 g del compuesto en un volumen inicial de 15 mL con agua grado HPLC, completando posteriormente a 25 mL tras agitación ultrasónica. El reactivo de Folin-Ciocalteu (2 N) se diluyó en una proporción 1:2 con agua destilada para obtener una solución 1 N, la cual se almacenó en refrigeración y se protegió de la luz hasta su uso. Las disoluciones para la curva estándar se realizaron a partir de la solución patrón de ácido gálico, en viales ámbar, para evitar la degradación por la luz.

La curva de calibración obtenida presentó un coeficiente de correlación de $R^2 = 0,9677$, con la ecuación de la recta $y = 0,0008x + 0,1589$, donde y representa la absorbancia y x la concentración de ácido gálico expresada en μ g/mL.

Diseño Experimental

Para la presente investigación, se realizó una prueba de normalidad usando la prueba Shapiro wilk, Se aplicó un ANOVA y una prueba post hoc de Tukey lo que permitió identificar las diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0,05$). Los análisis fueron realizados por triplicado, evaluándose un total de 15 unidades experimentales, además, debido a que la investigación tiene un enfoque comparativo, no se consideró evaluar un tratamiento control. Los

datos fueron procesados en el programa GraphPad Software. (2018). *GraphPad Prism* (Versión 8.0.1 [244]) [Computer software]. GraphPad Software, LLC. <https://www.graphpad.com>

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad antioxidante

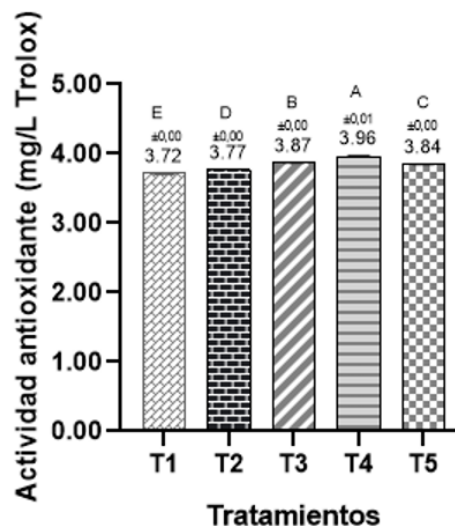


Figura 1. Actividad antioxidante de bebidas enriquecidas de *S. undatus* con cápsulas de extractos vegetales. Letras diferentes, indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

En la Figura 1, se observa que el T4 presentó una mayor actividad antioxidante ($3,96 \pm 0,01$ mg/L Trolox), mientras que el T1 obtuvo una menor concentración ($3,72 \pm 0,00$ mg/L Trolox), evidenciando que existió diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), demostrando que el extracto encapsulado influyó en la actividad antioxidante de cada una de las bebidas.

Los resultados obtenidos fueron superiores a los reportados por (Paiva et al., 2024) quienes observaron que las bebidas presentaron una reducción en el contenido de polifenoles después del período de almacenamiento. Esta reducción puede asociarse tanto al tratamiento térmico como al período de almacenamiento utilizado, causando degradación tanto de la vitamina C como del contenido fenólico. Branco et al., (2016) concuerda con esta teoría. Por lo tanto, el enriquecimiento de bebidas frutales con extractos con actividad bioactiva podría tener un efecto sinérgico en

su funcionalidad (Rogalska et al., 2024). Según Manzanarez et al., (2020), la encapsulación incrementa la estabilidad de los compuestos activos bajo condiciones ambientales. Sin embargo, su capacidad bioactiva puede depender del tipo de extracto, como demostraron De Melo et al., (2022), quienes obtuvieron valores similares en aceites esenciales de *C. flexuosus*. Estos autores también evidenciaron que al incrementar la concentración del material encapsulante (goma arábiga), puede influir negativamente en la actividad antioxidante.

La pitahaya contiene moléculas con actividad antioxidante como betalainas, polifenoles y vitamina C, las cuales actúan como neutralizantes de radicales libres y detienen la oxidación lipídica (Alam et., 2023). Sin embargo, durante las operaciones de elaboración de la bebida se incorpora oxígeno disuelto, provocando la disminución de la acción funcional de los compuestos propios de la fruta (Chew et al., 2019). Por ello, la actividad antioxidante observada en las bebidas podría atribuirse también a los mecanismos de acción de los compuestos funcionales de cada extracto y su interacción con los de pitahaya. La encapsulación de extractos vegetales y su uso en bebidas se presenta como una alternativa interesante para no solo incrementar la actividad antioxidante sino, que también pueden mejorar las cualidades sensoriales de los mismos (Hamid et al., 2021).

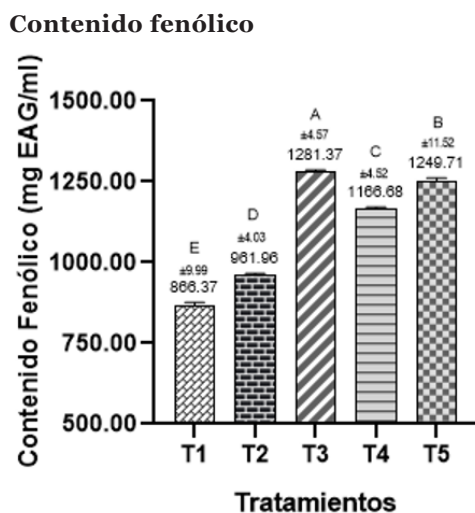


Figura 1. Contenido fenólico de bebidas enriquecidas de *S. undatus* con cápsulas de extractos vegetales. Letras diferentes, indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos.

En la figura 2 se muestra que el T3, presentó mayor contenido fenólico ($1281,37 \pm 4,57$) mg EAG/ml, mientras que T1 se observó una menor actividad funcional de ($866,37 \pm 9,99$) mg EAG/ml, demostrando que existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados.

Estos resultados difieren a los presentado por Mozafari et al., (2025) quienes encapsularon carotenoides obtenidos de residuos de pulpa de tomate, evidenciando que el contenido de polifenoles disminuyó en relación con el tiempo de almacenamiento en una bebida de pepino. Asimismo, los valores obtenidos fueron superiores a los reportados por Indiarto et al., (2022), quienes señalaron que el efecto bioactivo depende de la especie vegetal, su composición, método de extracción e interacción con matriz alimentaria. Belščak et al., (2011) concuerda con esta teoría e indicaron que la presencia de micronutrientes como: cobre, zinc y estroncio, pueden inferir en la morfología y contenido de compuestos bioactivos de las cápsulas. Hafiz et al., (2025) reportaron mayor actividad antioxidante y contenido fenólico en un yogur elaborado con cáscara de pitahaya.

Los resultados evidencian que no existió una relación directamente proporcional entre la actividad antioxidante y el contenido fenólico de las bebidas. Este comportamiento se debería a que la actividad antioxidante no solo depende de los compuestos fenólicos, sino también de la diversidad de componentes químicos de los extractos y de su capacidad para donar electrones (Shahidi, y Ambigaipalan 2015). La encapsulación podría haber favorecido la liberación selectiva de los compuestos con mayor actividad antioxidante independientemente del contenido fenólico; es decir, actúa como un agente modulador (Garavand et al., 2021). Por lo tanto, la actividad funcional de las bebidas enriquecidas puede estar influenciada por la dinámica de liberación y disponibilidad de los compuestos bioactivos (Kalita et al., 2026).

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de esta investigación indican que las bebidas de pitahaya enriquecidas con extractos encapsulados presentaron actividad antioxidante y contenido fenólico. Se observaron diferencias

estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados, relacionados a la actividad funcional de cada extracto encapsulado. La bebida con cápsulas de *Alpinia zerumbet* (T4) presentó la mayor actividad antioxidante, mientras que, la bebida con mayor contenido fenólico fue la enriquecida con cápsulas de *Lippia alba* (T3). Esta investigación permitió el aprovechamiento de compuestos bioactivos de especies silvestres a través de métodos innovadores como la encapsulación en una matriz alimentaria, lo que además permite la protección de moléculas con actividad funcional. Este enfoque contribuye al aprovechamiento de recursos subutilizados, brindándoles valor agregado y promoviendo la conservación de la biodiversidad de la fauna silvestre y el desarrollo de la economía local. Por lo tanto, se recomienda continuar investigando el uso de especies silvestres locales, asimismo analizar parámetros bromatológicos y reológicos que permitan determinar el valor nutricional y estabilidad de las bebidas.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alam, M., Biswas, M., Ahmed, J., Hosain, M. A., Alam, A., Khan, M. H. H., y Molla, M. M. (2023). Physico-chemical properties, antioxidant activity and bioactive compounds in edible and non-edible portions of dragon fruit cultivars native to Bangladesh. *Food Res*, 7(4), 194-203. : [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7\(4\).243](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(4).243)
- Belščak-Cvitanović, A., Stojanović, R., Manojlović, V., Komes, D., Cindrić, I. J., Nedović, V., y Bugarski, B. (2011). Encapsulation of polyphenolic antioxidants from medicinal plant extracts in alginate-chitosan system enhanced with ascorbic acid by electrostatic extrusion. *Food Research International*, 44(4), 1094-1101. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.027>
- Biswas, A., Dey, S., Xiao, A., Deng, Y., Birhanie, Z. M., Roy, R., Akhter, D., Liu, L., y Li, D. (2023). Ultrasound-assisted extraction (UAE) of antioxidant phenolics from *Corchorus olitorius* leaves: A response surface optimization. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40538-023-00443-2>
- Borromeo, I., De Luca, A., Domenici, F., Giordani, C., Rossi, L., y Forni, C. (2024). Antioxidant properties of *Lippia alba* essential oil: A potential. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(1), 1-24. <https://doi.org/10.3390/ijms25158276>
- Branco, I. G., Moraes, I. C. F., Sanjinez-Argandoña, E. J., Madrona, G. S., Dos Santos, C., Ruiz, A. L. T. G., Carvalho, J. E., y Haminiuk, C. W. I. (2016). Influence of pasteurization on antioxidant and in vitro anti-proliferative effects of jambolan (*Syzygium cumini* (L.) Skeels) fruit pulp. *Industrial Crops and Products*, 89, 225-230. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.055>
- Chew, Y. M., Hung, C. H., & King, V. A. E. (2019). Accelerated storage test of betalains extracted from the peel of pitaya (*Hylocereus cacti*) fruit. *Journal of Food Science and Technology*, 56(3), 1595-1600. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03673-1>
- Chibuye, B., Singh, I., Ramasamy, S., Maseka, K. (2024). Natural antioxidants: A comprehensive elucidation of their sources, mechanisms, and applications in health, Next Research. Volume 1, Issue 2, 100086, ISSN 3050-4759. <https://doi.org/10.1016/j.nextres.2024.100086>
- Cristiana, I., Del Rio, D., y Mena, P. (2024). Health effects of 100% fruit and vegetable juices: Evidence from human subject intervention studies. *Nutrition Research Reviews*, 37(1), 194-238. <https://doi.org/10.1017/S095442242300015X>
- De Melo, A. M., Barbi, R. C. T., Chaves Almeida, F. L., de Souza, W. F. C., de Melo Cavalcante, A. M., de Souza, H. J. B., Botrel, D. A., Borges, S. V., Costa, R. G., Quirino, M. R., y de Sousa, S. (2022). Effect of microencapsulation on chemical composition and antimicrobial, antioxidant and cytotoxic properties of lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) essential oil. *Food Technology and Biotechnology*, 60(3), 386-395. <https://doi.org/10.17113/ftb.60.03.22.7470>
- De Moura, S. C. S. R., Berling, C. L., Garcia, A. O., Queiroz, M. B., Alvim, I. D., y Hubinger, M. D. (2019). Release of anthocyanins from the hibiscus extract encapsulated by ionic gelation and application of

- microparticles in jelly candy. *Food Research International*, 121, 542–552. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.010>
- Ephrem, E., Najjar, A., Charcosset, C., y Greige-Gerges, H. (2018). Encapsulation of natural active compounds, enzymes, and probiotics for fruit juice fortification, preservation, and processing: An overview. *Journal of Functional Foods*, 48, 65–84. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.06.021>
- Fazal, R., Kalsoom, M., Adnan, M., Fazeli-Nasab, M., Naz, N., Ilah, H., Ali, M. F., Ilyas, M. A., You-saf, G., Toor, M. D., y Ali, Z. (2021). Importance of medicinal plants in human and plant pathology: A review. *International Journal of Pharmacy and Biomedical Research*, 8(2), 1–11. <https://doi.org/10.18782/23943726.1110>
- Flores-Mancha, M. A., Ruíz-Gutiérrez, M. G., Sánchez-Vega, R., Santellano-Estrada, E., y Chávez-Martínez, A. (2021). Effect of encapsulated beet extracts (*Beta vulgaris*) added to yogurt on the physicochemical characteristics and antioxidant activity. *Molecules*, 26(6), 1–18. <https://doi.org/10.3390/molecules26164768>
- Frontiers in Chemistry (2023). Oxidative stress, free radicals, and antioxidants: potential crosstalk and clinical relevance. *Frontiers in Chemistry*, 11, Article 1158198.
- Gafner, S., y Bergeron, C. (2005). The challenges of chemical stability testing of herbal extracts in finished products using state-of-the-art analytical methodologies. *Current Pharmaceutical Analysis*, 1(1), 203–205. <https://doi.org/10.2174/1573412054022734>
- Garavand, F., Jalai-Jivan, M., Assadpour, E., y Jafari, S. M. (2021). Encapsulation of phenolic compounds within nano/microemulsion systems: A review. *Food Chemistry*, 364, 130376. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130376>
- GraphPad Software. (2018). *GraphPad Prism* (versión 8.0) [Software]. <https://www.graphpad.com>
- Hafiz, M. S., Karunanayaka, K. M. I. U., Nugraheni, K., y Fernando, G. S. N. (2025). Valorisation of dragon fruit peel in drinking yoghurt: Development, physicochemical, proximate, functional properties, and shelf-life evaluation. *Czech Journal of Food Sciences*, 43(1). <https://doi.org/10.17221/21/2024-CJFS>
- Hamid, M., Thakur, N. S., Sharma, R., y Thakur, A. (2021). Stability of mango drink enriched with microencapsulated pomegranate peel extract. *Indian Journal of Horticulture*, 78(3), 330–337. <https://doi.org/10.5958/0974-0112.2021.00048.7>
- Indiarto, R., Rahimah, S., Subroto, E., Putri, N. A. G., y Pangawikan, A. D. (2022). Antioxidant activity and characteristics of a cocoa drink formulated with encapsulated green coffee extract. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 2477–2494. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2144883>
- Jiménez-González, A., Mora-Zamora, K. J., Rosete-Blancard, S., y Cabrera-Verdesoto, C. A. (2021). Utilización de plantas medicinales en cuatro localidades de la zona sur de Manabí, Ecuador. *Siembra*, 8(2), 1–10. <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.3223>
- Kalita, P., Bhattacharyya, J., Dutta, P. P., Chakrabarti, S., Ahmed, A. B., y Pachuau, L. (2026). Valorization of polyphenolic compounds via encapsulation: a review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 20(2), 1387–1410. <https://doi.org/10.1007/s11694-025-03852-z>
- Koteswara, C., Kumar, R., Ahmad, M., y Suriya, M. (2022). Encapsulation techniques for plant extracts. In S. A. Mir, A. Manickavasagan, y M. A. Shah (Eds.), *Plant extracts: Applications in the food industry* (pp. 75–88). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822475-5.00008-9>
- Lupuche, E. Q., Chávez-Pérez, J. A., Medina-Pizzali, M. L., Loayza-Gutiérrez, L., y Apumayta-Suárez, E. (2021). Caracterización química, contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de dos ecotipos de pitahaya (*Hylocereus* spp.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(3), 9723–9734. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n3.92821>
- Manzanarez-Tenorio, L. E., Ruiz-Cruz, S., Már-

- quez-Ríos, E., Ornelas-Paz, J. J., Del-Toro-Sánchez, C. L., Wong-Corral, F. J., y Holguin-Soto, R. (2020). Microencapsulación de extractos de higo (*Ficus carica*) por coacervación compleja y evaluación de su capacidad antioxidante. *Biotechnia*, 22(2), 70–77. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v22i2.1247>
- Mozafari, L., Martínez-Zamora, L., Cano-Lamadrid, M., Gómez, P. A., y Artés-Hernández, F. (2025). Boosting antioxidant quality in cucumber beverages with encapsulated tomato carotenoids. *Antioxidants*, 14(3), 354. <https://doi.org/10.3390/antiox14030354>
- Olszewska, M., Gėdas, A., y Simões, M. (2020). Antimicrobial polyphenol-rich extracts: Applications and limitations in the food industry. *Food Research International*, 134, 109214. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109214>
- Paiva, K., Sousa, L., Cavalcante, M., Barros, S., Santos, N., Santos, F., De Menezes, F., Eça, K., Vasconcelos, L. (2024). Investigating the impact of pasteurization on the bioactive-rich potential of psyllium and spirulina in a concentrated beverage, Measurement: Food, Volume 13, ISSN 2772-2759. <https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2023.100129>
- Raman, D., Dua, A., Kumar, S., Mittal, A., y Sharma, S. (2024). Análisis del potencial antioxidante y de los polifenoles de la hierba medicinal *Ocimum tenuiflorum* (Shyama Tulsi). *Journal of Applied and Natural Science*, 16(1), 289–298. <https://doi.org/10.31018/jans.v16i1.5318>
- Ravi, S., y Bharadvaja, N. (2019). Market analysis of medicinal plants in India. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 20(14), 1172–1180. <https://doi.org/10.2174/1389201020666190819154516>
- Rofiatun, S., Purnobasuki, H., Tri Puspaningsih, N., y Setiyowati, P. I. (2024). Secondary metabolites and antioxidant activity from citronella grass extract (*Cymbopogon nardus* L.). *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 58(1), 298–305. <https://www.ijper.org/sites/default/files/IndJPhaEdRes-58-1s-298.pdf>
- Rogalska, M., Oracz, J., Klewicka, E., y Żyżelewicz, D. (2024). Effect of encapsulated phenolic compounds of cocoa on growth of lactic acid bacteria and antioxidant activity of fortified drinking yogurt. *Molecules*, 29(14), 3344. <https://doi.org/10.3390/molecules29143344>
- Salmerón, E., Garrido, J., y Manzano, F. (2020). World-wide research trends on medicinal plants. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103376>
- Šeregelj, V., Pezo, L., Šovljanski, O., Lević, S., Nedović, V., Markov, S., Čanadanović-Brunet, J., Vulić, J., Tumbas Šaponja, V., y Četković, G. (2021). New concept of fortified yogurt formulation with encapsulated carrot waste extract. *LWT*, 138, 110732. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110732>
- Shahidi, F., y Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. *Journal of functional foods*, 18, 820–897. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
- Shahzad, M. N., Ahmad, S., Tousif, M. I., Ahmad, I., Rao, H., Ahmad, B., y Basit, A. (2022). Phytochemical profiling of aerial parts of *Terminalia neotaliala* by LC-ESI-MS² and determination of antioxidant and enzyme inhibition activities. *PLOS ONE*, 17(3), e0266094. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266094>
- Takó, M., Kerekes, E., Zambrano, C., Kotogán, A., Papp, T., Krisch, J., y Vágvolgyi, C. (2020). Plant phenolics and phenolic-enriched extracts as antimicrobial agents against food-contaminating microorganisms. *Antioxidants*, 9(2), 165. <https://doi.org/10.3390/antiox9020165>