



Open Access



40 años

## Revista Boliviana de Química 40 años

ISSN 0250-5460 Rev. Bol. Quim. Paper edition  
ISSN 2078-3949 Rev. boliv. quim. Electronic edition  
Received 11 07 2022 Accepted 04 14 2023 Published 04 30 2023  
Vol. 40, No.1, pp. 1-7, Ene./Abr.2023, Revista Boliviana de Química  
Vol. 40, Issue 1, 1-7, Jan./Apr. 2023, Bolivian Journal of Chemistry  
DOI: <https://doi.org/10.34098/2078-3949.40.1.1>

# UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS COMPUESTOS NO VOLÁTILES, Y SUS PROPIEDADES FUNCIONALES, DE *OCINUM BASILICUM L.*, ALBAHACA

Review

Peer-reviewed

Alexandra Cárdenas Montemayor<sup>1</sup>, Cristian Lizarazo Ortega<sup>2</sup>, Guadalupe Rodríguez Castillejos<sup>1</sup>, Octelina Castillo Ruiz<sup>1</sup>, Jesús Di Carlo Quiroz Velásquez<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma de Tamaulipas Unidad Multidisciplinaria Reynosa - Aztlán, calle 16 y lago de Chapala col. Aztlán CP. 88740, Reynosa, México

<sup>2</sup> Laboratorio de Biotecnología Experimental, Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional. Boulevard del Maestro s/n esq. Elías Piña, Col. Narciso Mendoza, Cd. Reynosa Tamaulipas México, C.P. 88710

**Keywords:** *Basil, Functional properties, Free radicals, Oxidative stress.* **Palabras clave:** *Albahaca, Propiedades funcionales, Radicales libres*

## ABSTRACT

*A review of non-volatile compounds, and their functional properties of *Ocinum basilicum L.*, basil*  
Aromatic plants are well reputed as spices and condiments in addition to their therapeutic properties, being important medicines reported since ancient times in the traditional pharmacopoeia of various origins. The use of aromatic plants in traditional medicine has advanced, thanks to the application of different functions and activities of these as remedies to combat a wide variety of diseases. Aromatic plants offer pleasant aromas, pain relief and disease cure, thus constituting a therapeutic source in the medicinal and herbal field, pharmacy and phytotherapy industries. The objective of this review is to publicize the functional properties of basil, its uses and applications, and benefits for human health and industry.

## RESUMEN

Las plantas aromáticas son bien reputadas como especias y condimentos además de sus propiedades terapéuticas, siendo importantes medicinas reportadas desde tiempos remotos en la farmacopea tradicional de orígenes diversos. El uso de las plantas aromáticas en la medicina tradicional ha avanzado, gracias a la aplicación de diferentes funciones y actividades de éstas como remedios para combatir una amplia variedad de enfermedades. Las plantas aromáticas ofrecen agradables aromas, alivio de dolores y cura de enfermedades, constituyendo así una fuente terapéutica en el ámbito medicinal y herbolario, industrias de farmacia y fitoterapia. El objetivo de la presente revisión es dar a conocer las propiedades funcionales de la albahaca, sus usos y aplicaciones y beneficios para la salud humana y la industria.

\*Correspondent autor: [jquiroz@ipn.mx](mailto:jquiroz@ipn.mx)

## INTRODUCCIÓN

El uso de las plantas aromáticas (PA) en la medicina tradicional ha evolucionado, abarcando diferentes funciones como remedios para combatir o coadyuvar diversos padecimientos tales como espasmos digestivos,



flatulencias, dolor de cabeza, dolores estomacales, además de sus propiedades antimicrobianas, antidiabéticas, antiestrés y antiinflamatorias [1] ofreciendo además agradables aromas. Son fuente terapéutica en el sector medicinal y herbolario y en las industrias de farmacia y fitoterapia, donde se utilizan los extractos, material seco y aceites de las plantas para la fabricación de medicamentos. También, la rama industrial ha incrementado la oferta de la aromaterapia, mediante aceites esenciales de hierbas aromáticas, puras o en formulaciones más complejas de alta calidad. como paliativos de diversos males como dolores de cabeza, dolor muscular, alergias, entre otros [2-6].

México, país poseedor de una alta biodiversidad vegetal es reconocido por su alto capital natural de especies de PA. La celeberrima gastronomía mexicana, reconocida como patrimonio de la humanidad por la ONU, es constantemente enriquecida por sus especias. En la medicina tradicional mexicana, los más utilizados son los extractos de aceite esencial con realce en sus características anti-microbianas y anti-fúngicas, además de propiedades insecticidas o anti-feedant. México cultiva PA para el intercambio comercial de alta demanda como albahaca (*Ocimum basilicum L.*), Manzanilla (*Chamaemulum nobile*), menta (*Mentha L.*), mejorana (*Origanum majorana L.*), salvia (*Salvia*), tomillo (*Thymus*), y zacate-limón (*Cymbopogon*). La albahaca representa la principal exportación nacional aumentando de 2,700 toneladas en 2015 a 3,200 toneladas en 2019 [7,8], según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de México. La albahaca es ampliamente utilizada en la gastronomía, en los últimos años ha crecido el interés por su uso debido a su contenido en antioxidantes; los principales consumidores internacionales son Estados Unidos, Canadá y Europa [9]. De las PA se obtiene una gran variedad de aceites esenciales (AE), dichos metabolitos son producidos por las plantas como mecanismo de defensa contra factores de estrés bióticos y abióticos, como los rayos UV, temperatura alta, viento, condiciones del clima entre otros [10]. Algunos AE han sido aprobados como sustancias seguras por la *Food and Drug Administration* (FDA, USA).

La albahaca (*Ocimum basilicum L.*) es una planta aromática, la cual es valorada en el ámbito gastronómico por sus características organolépticas destacando el olor y el sabor, siendo originaria de la región oriental del continente asiático. Se desarrolla en condiciones climáticas áridas o semiáridas, alcanzando una altura de 30 a 50 cm de altura, con un diámetro de tamaño de hoja de entre 2 hasta 5 cm; está constituida con características químicas, las cuales son aprovechadas por la industria farmacéutica, alimentaria y cosmética [11].

La albahaca contiene compuestos volátiles (AE) con diferentes propiedades funcionales que han sido ampliamente estudiadas. Por otro lado, la albahaca presenta compuestos no volátiles que pueden presentar propiedades funcionales interesantes. Las investigaciones en este campo son más limitadas. Por tanto, el objetivo del presente manuscrito es realizar una revisión bibliográfica sobre las propiedades funcionales de compuestos no volátiles con actividad antioxidante que fueron reportados en albahaca.

## ALBAHACA (*Ocimum basilicum L.*)

La albahaca *Ocimum basilicum L.* (Lamiaceae), ver Figura 1, es una planta herbácea originaria de la India y África, su uso en esas regiones data de más de 5000 años; actualmente es ampliamente cultivada y utilizada a nivel mundial. Se han reportado más de 160 variedades diferentes de albahaca caracterizadas por sabores, colores y texturas propias, además de floración entre otras características [1]. La floración ocurre entre mayo y septiembre. Propia de climas secos y semidesérticos, con una apariencia frondosa con tallos verticales y ramificados [12]. Las hojas contienen 2,6-dimetil-2,7-octadien-6-ol (*linalool*) para-metoxifenil-1-propeno (*estragol*), 4-Allyl-2-methoxyphenol (eugenol), methyl (*E*)-3-phenylprop-2-enoate (cinamato de metilo), ( $\beta$ -cariofileno) entre otros terpenos y fenilpropanoides, todos ellos volátiles. Además, también se han identificado compuestos como el 1,8-cineol, el  $\alpha$ -pineno, el  $\beta$ -pineno, el limoneno y el geraniol. La proporción y la presencia de estos componentes varían según la variedad de la planta, la época del año, el clima y otros factores. [13-16].

## PRODUCCIÓN DE ALBAHACA

La albahaca silvestre crece en áreas tropicales y subtropicales de Asia, África, América y Europa. Por otra parte, los cultivos se realizan en campos abiertos e hidroponía, esta última opción, con la finalidad de controlar la condiciones ambientales y factores de crecimiento [17]. En México, el cultivo de albahaca abarca más de 4000 hectáreas, de las entre producción orgánica, de invernadero y tradicional, la mayor producción tiene lugar en Baja California Sur (98%), gran parte de dicha producción se exporta a Italia y Estados Unidos [18].



Figura 1. Planta de Albahaca (*Ocimum basilicum* L.). Fuente: Autoría propia.

## ESTRÉS OXIDATIVO Y RADICALES LIBRES

Las plantas han persistido bajo factores de estrés bióticos y abióticos, los cuales afectan su desarrollo y la productividad en los cultivos. A lo largo de la historia se han adaptado a los nuevos cambios mediante el proceso de estrés oxidativo. En las condiciones del medio ambiente, las plantas están expuestas constantemente al estrés abiótico como altas temperaturas, metales tóxicos, salinidad, etc., teniendo un impacto en la agricultura y pérdidas económicas. Para contrarrestar este estrés, las células de las plantas generan antioxidantes como mecanismo de defensa. Dichos antioxidantes convierten aquellas sustancias oxidativas a peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ). Si este estrés sobrepasa la capacidad de antioxidantes generado por la planta, esto conlleva a un estrés oxidativo y en algunos casos la muerte celular [19]. En la figura 2 se muestra el esquema del estrés abiótico generado por diferentes situaciones, el cual produce incontrolablemente especies reactivas de oxígeno (ERO, ROS en inglés) también conocidas como radicales libres como mecanismo de defensa, esto modifica algunas biomoléculas como proteínas, lípidos y ácidos nucleicos, generando antioxidantes para controlar la producción de ROS una situación de daño celular en algunos casos.

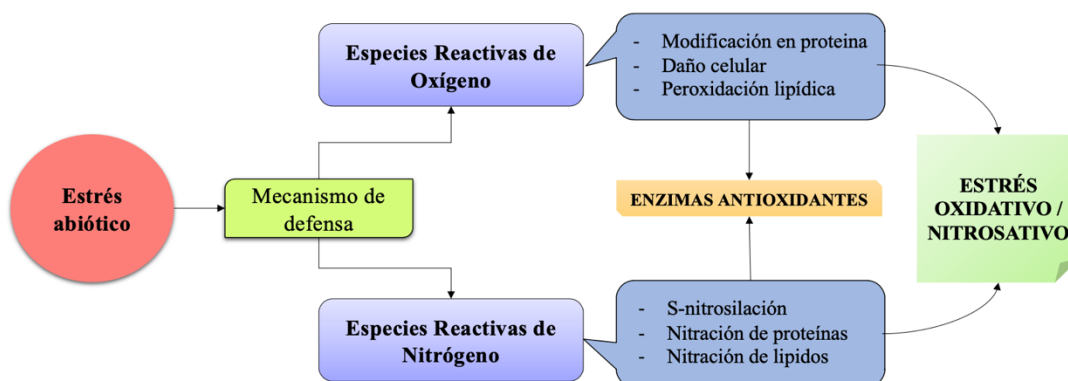


Figura 2. Esquema de respuesta al estrés abiótico en plantas mediante respuesta de oxígeno y nitrógeno. Tomado y modificado de Chaki, et al. 2020 [19].

Las plantas usan el sistema de defensa para contrarrestar los efectos del estrés oxidativo causado en este caso por metales pesados debido al radical del Oxígeno ( $O_2$ ) usualmente el primero en ser generado, la enzima superóxido dismutasa (SOD) es la primera línea de defensa para convertir y eliminar el radical de  $O_2$  a Peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ). Sin embargo,  $H_2O_2$  es tóxico para las células por lo que es necesario removerlo de las células. Las enzimas antioxidantes involucradas en dicho proceso de eliminación son catalasa (CAT), ascorbato peroxidasa (APX) y



guaiacol peroxidasa (GPX) convirtiendo  $H_2O_2$  en  $O_2$  y agua; estos procesos biológicos son necesarios para mantener un constante balance entre el sistema antioxidante y el contenido de las especies reactivas de oxígeno y se mantengan en niveles compatibles con el metabolismo celular [20].

## COMPUESTOS NO VOLÁTILES EN *Ocimum basilicum* L

Como se mencionó anteriormente, Las plantas responden a estímulos ambientales que pueden generar estrés, esto lleva a la formación de diversos compuestos químicos no volátiles, los cuales tienen capacidad antioxidante [21]. Algunos de los compuestos no volátiles extraídos de las hojas de *Ocimum basilicum* L. y sus posibles efectos medicinales se describen a continuación.

Los ácidos fenólicos son compuestos con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias; la albahaca contiene una alta concentración de ácidos fenólicos que contribuyen a su gran poder antioxidante. En esa planta destacan el ácido rosmarínico, pero también se encuentran los ácidos cafeico y cicórico; estos son abundantes en las hojas de *Ocimum basilicum* L. y se ha demostrado que tiene efectos antivirales, antibacterianos y antialérgicos. Se han reportado concentraciones de ácido rosmarínico de 0.06 mg/g a 6.09 mg/g, dependiendo de la variedad; mientras que para el ácido cicórico los valores oscilan de 0.03 a 2.78 mg/g; siendo menor concentración para cafeico de 0.04 a 0.77 mg/g; todos los valores están expresados en gramos de hoja seca [22,23].

Por otro lado, los flavonoides son otro grupo de compuestos importantes en albahaca; de forma general están involucrados en la resistencia de la planta al estrés ambiental y la regulación del crecimiento. Se encuentran en mayor concentración en las hojas y flores [24]. Entre los flavonoides más importantes en albahaca se encuentra la rutina, kaempferol, vicenin-2, quercetina, apigenina y orientina. Los flavonoides tienen una amplia gama de efectos biológicos, incluyendo propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antitumorales y neuroprotectores. [25].

Otro grupo de compuestos presentes en esta planta son los alcaloides, no son exclusivos de la albahaca ya que se encuentran en muchas plantas y tienen efectos biológicos diversos, tales como insecticida, fungistático y nematocida; todos estos importantes para la viabilidad de la planta; además estos compuestos han demostrado efecto antiinflamatorio [26].

## USOS Y APLICACIONES DE COMPUESTOS NO VOLÁTILES DE LA ALBAHACA

Los estudios in vitro han mostrado que el ácido rosmarínico tiene actividad antioxidante, y antimicrobiana, especialmente contra bacterias y virus, analgésica, antiinflamatoria, astringente, antiglicemiantes, inmunomoduladora y hepatoprotectora. Cabe señalar que la gran mayoría de los estudios que mencionan dichos efectos se realizan con ácido rosmarínico puro obtenido de plantas. Algunos estudios con productos que contienen el compuesto sin purificar han mostrado efectos como mejora en osteoartritis cuando los pacientes consumieron 280 mg del ácido en un té por 4 meses. Por otro lado, el consumo de más de 600 mg en un té de hierbas mejoró la capacidad cognitiva y el ritmo de sueño en adultos mayores [24, 27,28].

Touiss et al. [29] evaluaron la toxicidad y el efecto hepatoprotector de un extracto de albahaca rico en ácido rosmarínico, en el modelo animal; reportaron que el extracto acuoso no produjo toxicidad. Por otro lado, encontraron que la administración de 200 mg/kg de extracto presentó actividad hepatoprotectora mediante la disminución de enzimas hepáticas en plasma, por lo que sugieren que los extractos de albahaca ricos en ácido rosmarínico pueden utilizarse para disminuir los efectos tóxicos de agentes químicos sobre el hígado. Por otro lado, el interés del estudio sobre los compuestos no volátiles de albahaca ha crecido por su capacidad antitumoral; tanto los ácidos fenólicos como los flavonoides presentes pueden aumentar la capacidad fagocítica de neutrófilos e inhibir la síntesis de ADN en células cancerosas. Además de lo anterior, estos compuestos suprimen la activación de la caspasa-3, permitiendo la apoptosis, disminuyendo el crecimiento de tumor [30]. También se ha reportado que la vicenin-2 y orientina muestran efecto protector contra la radiación; en un estudio realizado en ratones se encontró que cuando se administraron ambos flavonoides (inyectados vía intraperitoneal) extraídos de hojas de albahaca, se redujo significativamente la peroxidación de lípidos, comparado con el grupo control. Los investigadores sugieren que el mecanismo de acción es la eliminación de radicales libres y la quelación de metales [31].

Otra enfermedad crónica importante a nivel mundial es la diabetes y sus complicaciones; un estudio en un modelo animal con diabetes inducida por estreptozotocina, reportó que un extracto de albahaca rico en flavonoides disminuyó los niveles de insulina y glucosa, además de mostrar efecto protector en hígado y riñón [32]. El extracto acuoso de albahaca también tiene efecto hipoglucemiante, al parecer por la inhibición de las enzimas  $\alpha$ -amilasa y  $\alpha$ -glucosidasa, lo que disminuye la absorción de glucosa proveniente de los alimentos [33]. En otro estudio se comparó el efecto hipoglucemiante de extractos de cuatro plantas, albahaca, pasuchaca, cuti-cuti y yacón; para todas se utilizó





éter etílico y alcohol con la finalidad de tener un extracto rico en alcaloides. El análisis del efecto y toxicidad se llevó a cabo en un modelo de ratón albino con hiperglucemia inducida por aloxano. Todos los extractos mostraron efecto positivo disminuyendo los niveles de glucosa en sangre, siendo menor con el extracto de albahaca; ninguno mostró toxicidad [34]. Por ello, es importante también el solvente que se utiliza para la obtención de compuestos con potencial farmacológico, dependiendo la aplicación que se requiera. Los investigadores además sugieren el consumo de plantas aromáticas en la dieta para coadyuvar al tratamiento de la diabetes.

También se ha evaluado el efecto antimicrobiano de extractos de albahaca, los extractos de hoja han mostrado inhibición de crecimiento en bacterias gram positivas como *Staphylococcus aureus*, *Clostridium difficile* y *Bacillus subtilis*; así como en gram negativas *Salmonella typhi* y *Escherichia coli*. Estos extractos también tienen efecto antifúngico, demostrado en *Aspergillus niger*, *A. flavus* y *Candida albicans*. Aunado a lo anterior, también se ha estudiado el efecto antiviral de extractos orgánicos de la hoja sobre Virus del herpes tipo 1, entorovirus y Virus coxsackie [35,36].

Otro efecto importante que se ha encontrado a los compuestos no-volátiles de la albahaca es la capacidad antiinflamatoria; los radicales libres son compuestos altamente reactivos que provocan la oxidación de las macromoléculas y el ADN en las células, por lo cual se asocian a diversas enfermedades crónicas. Los compuestos antioxidantes de la albahaca tienen efectos anti inflamatorios y pueden revertir los efectos negativos de agentes oxidantes, lo anterior gracias a su alta concentración de flavonoides y polifenoles; por otro lado, se ha encontrado que estos compuestos disminuyen la secreción de citocinas proinflamatorias en leucocitos [37]. Se evaluó la actividad antiinflamatoria de extractos etanólicos de hoja y callo de albahaca sobre la línea celular de macrófagos RAE 264.7, la inflamación se indujo con LPS, una endotoxina bacteriana altamente inflamatoria; para medir la actividad antiinflamatoria se midió la producción de óxido nítrico. Los resultados mostraron que los extractos de hoja tuvieron mayor efecto que los de callo, se redujo la producción de óxido nítrico y no hubo toxicidad [38]. En otro estudio se utilizó la línea celular de macrófagos THP-1 en la cual se evaluaron los efectos antiinflamatorios y tóxicos de extractos etanólicos de albahaca, cala negra (*Arum palaestinum*) y fenogreco (*Trigonella foenum-graecum*); para determinar la eficacia del efecto se midió óxido nítrico, TNF- $\alpha$ , IL-6 e IL-10; al igual que el estudio anterior, la inflamación se indujo con LPS. Todos los extractos tuvieron efecto positivo en la reducción de los mediadores inflamatorios y la albahaca no tuvo efecto sobre el crecimiento de los macrófagos [39]. En este mismo sentido, el mucílago de albahaca parece ser un coadyuvante en el tratamiento de la colitis, esto se atribuye a la capacidad de los flavonoides y terpenoides de suprimir al factor nuclear kappa B (NF-kB), el cual está implicado en la regulación de genes asociados a colitis ulcerosa [40,41].

Además de las diversas aplicaciones que pueden tener los metabolitos secundarios de la albahaca sobre la salud humana, también es importante mencionar que, por sus propiedades antioxidantes o antimicrobianas, pueden utilizarse en la industria de alimentos, cosmética o bien como saborizantes por su agradable aroma y sabor [40, 42]

## CONCLUSIÓN

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) fitoquímicamente está constituida por una gran diversidad de metabolitos secundarios con actividades diversas, entre las cuales destacan el efecto antioxidante, antiinflamatorio, antimicrobiano, hipoglucemiante e inmunomodulador; esto puede aprovecharse como coadyuvante en la prevención o tratamiento de diversas patologías. El consumo de hierbas aromáticas como la albahaca en la dieta diaria podría mejorar la capacidad del cuerpo a responder ante agentes oxidantes relacionados con diversas patologías. Aunque diversos estudios han demostrado el efecto benéfico de los compuestos no volátiles de albahaca, es importante seguir estudiando las dosis adecuadas, vías de administración, mecanismos de acción y toxicidad. Dado lo anterior, esta planta juega un rol importante en la actualidad para el desarrollo de investigaciones en el ambiente agropecuario, farmacológico y nutricional.

## RECONOCIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Autónoma de Tamaulipas y al Centro de Biotecnología Genómica del Instituto Politécnico Nacional por el respaldo institucional.

## REFERENCIAS

1. Fariás, C., Cisternas, C., Morales, G., Muñoz, L., & Valenzuela, R. 2022, Albahaca: Composición química y sus beneficios en salud, *Revista chilena de nutrición*, 49(4), 502-512.



2. Singh, P., Shukla, R., Prakash, B., D. A., Singh, S., Mishra, P. K., & Dubey, N. K. **2010**, Chemical profile, antifungal, antiaflatoxicogenic and antioxidant activity of *Ocimum basilicum* essential oil and its efficacy as a preservative in stored raw peanuts, *LWT-Food Science and Technology*, 43(7), 1003-1009. DOI: 10.1016/j.lwt.2010.02.012
3. Kaur, R., Kapoor, K., Kaur, G. **2011**, Comparative study of chemical composition and antioxidant activity of fresh and dry leaves crude extracts of *Ocimum basilicum* L., *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 2(1), 223-232.
4. Jaiswal, R., Karak, T., Kumar, R.T. **2015**, Essential oil composition and antioxidant properties of different chemotypes of Indian *Ocimum basilicum* L., *International Journal of Food Properties*, 18(8), 1755-1765. DOI: 10.1080/10942912.2014.964622
5. Benedec, D., Oniga, I., Oprean, R., & Tamas, M. **2009**, Chemical composition of the essential oils of *Ocimum basilicum* L. cultivated in Romania. *Farmacia*, 57(5), 625-629. [https://www.researchgate.net/publication/267961573\\_Chemical\\_composition\\_of\\_the\\_essential\\_oils\\_of\\_Ocimum\\_basilicum\\_L\\_cultivated\\_in\\_Romania](https://www.researchgate.net/publication/267961573_Chemical_composition_of_the_essential_oils_of_Ocimum_basilicum_L_cultivated_in_Romania)
6. Juárez-Rosete, C.R., Aguilar-Castillo, J.A., Juárez-Rosete, M.E., Bugarin-Montoya, R., Juárez-López, P., Cruz Crespo, E. **2013**, Hierbas aromáticas y medicinales en México: tradición e innovación, *Revista Bio Ciencias*, 2(3), 119-129. DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.06>
7. Mercado-Mercado, G., de la Rosa Carrillo, L., Wall-Medrano, A., López Díaz, J.A., Álvarez-Parrilla, E. **2013**, Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México, *Nutrición hospitalaria, Organo oficial de la Sociedad española de nutrición parenteral y enteral*, 28(1), 36-46. DOI: <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2013.28.1.6298>
8. SIAP (2023). Anuario estadístico de la producción agrícola. Recuperado de <http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
9. Salas-Pérez, L., Moncayo-Lujan, M.D.R., Borroel-García, V.J., Guzmán-Silos, T.L., Ramírez-Aragón, M.G. **2022**, Composición fitoquímica y actividad antioxidante en tres variedades de albahaca por efecto de distintos solventes, *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(SPE28), 113-123.
10. Castro-Restrepo, D., Díaz-García, J.J., Serna-Betancur, R., Martínez-Tobón, M.D., Urrea, P.A., Muñoz-Durango, K., Osorio-Durango, E.J. Cultivo y producción de plantas aromáticas y medicinales, Universidad Católica de Oriente, 2nd ed, **2013**, Medellín, Colombia, <https://repositorio.uco.edu.co/jspui/handle/20.500.13064/278>
11. Malav, P., Pandey, A., Bhatt, K.C., Gopala Krishnan, S., Bisht, I.S. **2015**, Morphological variability in holy basil (*Ocimum tenuiflorum* L.) from India, *Genetic Resources and Crop Evolution*, 62, 1245-1256. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-015-0227-5>.
12. Moncayo Luján, M.d.R., Álvarez Reyna, V.d.P., González Cervantes, G., Salas Pérez, L., Chávez Simental, J.A. **2015**, Producción orgánica de albahaca en invernadero en Comarca Lagunera, *Terra Latinoamericana*, 33(1), 69-77.
13. Singh, P., Shukla, R., Prakash, B., Kumar, A., Singh, S., Mishra, P.K., Dubey, N.K. **2010**, Chemical profile, antifungal, antiaflatoxicogenic and antioxidant activity of *Ocimum basilicum* essential oil and its efficacy as a preservative in stored raw peanuts, *LWT-Food Science and Technology*, 43(7), 1003-1009. DOI: 10.1016/j.lwt.2010.02.012
14. Nolazco Cama, D., Villanueva-Quejia, E., Hatta Sakoda, B., & Tellez Monzon, L. **2020**. Extracción y caracterización química del aceite esencial de Eucalipto obtenido por microondas y ultrasonido. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(3), 274-284.
15. Türkmen, M. **2021**. The effect of different Phenological periods and harvest times on the essential oil ratio and components of basil genotypes. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 24(1), 94-109. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2021.1894243>
16. Malekshahi, F., Mehrabi, A. A., Tavakol, E., Mehdikhanlo, K., & Shariati, V. **2021**. The Comparison of the Essential Oil Percentage Content and Composition of African Basil (*Ocimum gratissimum* L.) in Spring and Fall Harvests. <https://doi.org/10.22067/JHS.2021.61739.0>
17. Sipos, L., Balázs, L., Székely, G., Jung, A., Sárosi, S., Radácsi, P., & Csambalik, L. **2021**, Optimization of basil (*Ocimum basilicum* L.) production in LED light environments—a review. *Scientia Horticulturae*, 289, 110486.
18. Contreras, R.G., Solís-Palacios, R., Reyes-Pérez, J.J., Murillo-Amador, B., Alejandre-Rosas, J., Hernández-Montiel, L.G. **2018**, Promoción del crecimiento de plantas de albahaca utilizando hongos micorrizicos arbusculares y una bacteria marina, *Acta Universitaria*, 28(6), 68-76. DOI: <https://doi.org/10.15174/au.2018.2086>
19. Chaki, M., Begara-Morales, J.C., Barroso, J.B. **2020**, Oxidative stress in plants, *Antioxidants*, 9(6), 481. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox9060481>
20. Gutiérrez-Martínez, P.B., Torres-Morán, M.I., Romero-Puertas, M.C., Casas-Solís, J., Zarzúa-Villaseñor, P., Sandoval-Pinto, E., Ramírez-Hernández, B.C. **2020**, Assessment of antioxidant enzymes in leaves and roots of *Phaseolus vulgaris* plants under cadmium stress, *Biotechnia*, 22(2), 110-118. DOI: <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v22i2.1252>.
21. Altamirano, N.A., Romano, C.S., Repetto, M.V., Abadi, K.E., & Silvia, M. 2007, Bioactividades de compuestos poli fenólicos no volátiles aislados de plantas lamiaceae de Argentina, *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 6(6), 319-320.
22. Prommajak, T., Kim, S. M., Pan, C. H., Kim, S. M., Surawang, S., & Rattanapanone, N. **2016**. Identification of antioxidants in lamiaceae vegetables by HPLC-ABTS and HPLC-MS. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 15(1), 21-38. <https://doi.org/10.5897/JMPR12.011>
23. Kwee, E.M., Niemeyer, E.D. **2011**, Variations in phenolic composition and antioxidant properties among 15 basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars, *Food Chemistry*, 128(4), 1044-1050.
24. Ghasemzadeh, A., Ashkani, S., Baghdadi, A., Pazoki, A., Jaafar, H. Z., & Rahmat, A. **2016**, Improvement in flavonoids and phenolic acids production and pharmaceutical quality of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) by ultraviolet-B irradiation, *Molecules*, 21(9), 1203. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules21091203>
25. Picos-Salas, M. A., Heredia, J. B., Leyva-López, N., Ambríz-Pérez, D. L., & Gutiérrez-Grijalva, E. P. **2021**. Extraction processes affect the composition and bioavailability of flavones from lamiaceae plants: A comprehensive review. *Processes*, 9(9), 1675. <https://doi.org/10.3390/pr9091675>
26. de León, N. R., Sanabria, M. E., Rodríguez, D., & Ulacio, D. **2012**. Efecto del extracto etanólico de albahaca genovesa (*Ocimum basilicum* var. Genovese) sobre *Cercospora apii* Fressen y el tizón temprano del celery (*Apium graveolens*). *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(2), 472-478.
27. Connelly, A.E., Tucker, A.J., Tulk, H., Catapang, M., Chapman, L., Sheikh, N., Yurchenko, S., Fletche, R., Kott, L.S., Duncan, A.M., Wright, A.J. **2014**, High-rosmarinic acid spearmint tea in the management of knee osteoarthritis symptoms, *J Med Food*, 17, 1361-1367. DOI: [10.1089/jmf.2013.0189](https://doi.org/10.1089/jmf.2013.0189)



28. Falcone, P.H., Tribby, A.C., Vogel, R.M., Joy, J.M., Moon, J.R., Slayton, C.A., Henigman, M.M., Lasrado, J.A., Lewis, B.J, Fonseca, B.A., Nieman KM, Herrlinger KA. **2018**, Efficacy of a nootropic spearmint extract on reactive agility: a randomized, double-blind, placebo-controlled, parallel trial, *J Int Soc Sports Nutr.* 15, 58. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0264-5>
29. Touiss, I., Ouahhoud, S., Harnafi, M., Khatib, S., Bekkouch, O., Amrani, S., & Harnafi, H. **2021**, Toxicological Evaluation and Hepatoprotective Efficacy of Rosmarinic Acid-Rich Extract from *Ocimum basilicum* L. Evidence-Based, *Complementary and Alternative Medicine.* DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6676998>
30. Perna, S., Alawadhi, H., Riva, A., Allegrini, P., Petrangolini, G., Gasparri, C., ... & Rondanelli, M. **2022**, In Vitro and In Vivo Anticancer Activity of Basil (*Ocimum* spp.), *Current Insights and Future Prospects. Cancers*, 14(10), 2375. DOI, <https://doi.org/10.3390/cancers14102375>
31. Uma Devi, P., Ganasoundari, A., Vrinda, B., Srinivasan, K.K., Unnikrishnan, M.K. **2000**, Radiation protection by the *Ocimum* flavonoids orientin and vicenin: mechanisms of action, *Radiation research*, 154(4), 455-460. DOI: [https://doi.org/10.1667/0033-7587\(2000\)154\[0455:RPBTOF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1667/0033-7587(2000)154[0455:RPBTOF]2.0.CO;2)
32. Othman, M. S., Khaled, A. M., Al-Bagawi, A. H., Fareid, M. A., Ghany, R. A., Habotta, O. A., & Moneim, A. E. A. **2021**, Hepatorenal protective efficacy of flavonoids from *Ocimum basilicum* extract in diabetic albino rats: A focus on hypoglycemic, antioxidant, anti-inflammatory and anti-apoptotic activities, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 144, 112287. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112287>
33. El-Beshbishy, H.A., Bahashwan, S.A. **2012**, Hypoglycemic effect of basil (*Ocimum basilicum*) aqueous extract is mediated through inhibition of  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase activities: An in vitro study, *Toxicology and Industrial Health*, 28(1), 42-50. DOI: 10.1177/0748233711403193
34. Castañeda, B.C., de la Mata, R.C., Mejia, R.M., Vasquez, L.I., Alarcón, R.F., Mendoza, E.B. **2008**, Estudio fitoquímico y farmacológico de 4 plantas con efecto hipoglucemiante, *Horizonte Médico*, 8(1), 6-34.
35. Rubab, S., Bahadur, S., Hanif, U., Durrani, A.I., Sadiqa, A., Shafique, S., Iqbal, S. **2021**, Phytochemical and antimicrobial investigation of methanolic extract/fraction of *Ocimum basilicum* L., *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 31, 101894. DOI: 10.24265/horizmed
36. Chawla, M.A., Naz, S.B., Sharif, A., Akram, M., Saeed, M.A. **2015**, Biological and pharmacological properties of the sweet basil (*Ocimum basilicum*), *Br. J. Pharm. Res.*, 7, 330-339. DOI: 10.9734/BJPR/2015/16505
37. Güez, C.M., Souza, R.O.D., Fischer, P., Leão, M.F.D.M., Duarte, J.A., Boligon, A.A., Linde Athayde, M., Zuravski, I., Luís Flávio Souza de Oliveira, L.F., Mansur Machado, M. **2017**, Evaluation of basil extract (*Ocimum basilicum* L.) on oxidative, anti-genotoxic and anti-inflammatory effects in human leukocytes cell cultures exposed to challenging agents, *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 53(1) DOI: <https://doi.org/10.1590/s2175-97902017000115098>
38. Aye, A., Jeon, Y.D., Lee, J.H., Bang, K.S., Jin, J.S. **2019**, Anti-inflammatory activity of ethanol extract of leaf and leaf callus of basil (*Ocimum basilicum* L.) on RAW 264.7 macrophage cells. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 19, 217-226. <https://doi.org/10.1007/s13596-019-00372-2>.
39. Kmail, A., Jaradat, N., Mansour, B., Abu-Labdeh, R., Zakarneh, S., Abu-Farha, S., Hussein, F., Issa, L., Saad, B. **2022**, Phytochemical analysis, cytostatic, cytotoxic, and anti-inflammatory effects of *Arum palaestinum*, *Ocimum basilicum*, and *Trigonella foenum-graecum* in human monocytic cell line (THP-1)-derived macrophages, *European Journal of Integrative Medicine*, 54, 102159. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2022.102159>
40. Kamelnia, E., Mohebbati, R., Kamelnia, R., El-Seedi, H.R., Boskabady, M.H. **2023**, Anti-inflammatory, immunomodulatory and antioxidant effects of *Ocimum basilicum* L. and its main constituents: A review, *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*. DOI: 10.22038/ijbms.2023.67466.1478
41. Lu, P.D., Zhao, Y.H. **2020**, Targeting NF- $\kappa$ B pathway for treating ulcerative colitis: comprehensive regulatory characteristics of Chinese medicines, *Chinese medicine*, 15(1), 1-25. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13020-020-0296-z>
42. Veronezi, C.M., Costa, T., Jorge, N. **2014**, Basil (*Ocimum Basilicum* L.) as a Natural Antioxidant, *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1), 255-261. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00771.x>
43. Kamelnia, E., Mohebbati, R., Kamelnia, R., El-Seedi, H.R., Boskabady, M.H. **2023**, Anti-inflammatory, immunomodulatory and antioxidant effects of *Ocimum basilicum* L. and its main constituents: A review, *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*. DOI: 10.22038/ijbms.2023.67466.1478
44. Lu, P.D., Zhao, Y.H. **2020**, Targeting NF- $\kappa$ B pathway for treating ulcerative colitis: comprehensive regulatory characteristics of Chinese medicines, *Chinese medicine*, 15(1), 1-25. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13020-020-0296-z>.
45. Veronezi, C.M., Costa, T., Jorge, N. **2014**, Basil (*Ocimum Basilicum* L.) as a Natural Antioxidant, *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1), 255-261. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00771.x>