






Extractos de *Mentha piperita* L. obtenidos por tecnologías híbridas *Mentha piperita* L. extracts obtained by hybrid technology

Y. D. Franco-Aguirre , A. Sáenz-Galindo *, C. M. López-Badillo , R. Rodríguez-Herrera 
A. O. Castañeda-Facio , J. A. Ascacio-Valdés 

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila, 25294, Saltillo, Coahuila, México.

Resumen

Mentha piperita L. es una de las especies más demandadas a nivel mundial gracias a la presencia de propiedades de gran interés tales como: capacidad antioxidante, antifúngica y antibacteriana. Existen diversas metodologías para la extracción de metabolitos secundarios, sin embargo, muchas de ellas resultan ser ineficientes ya que presentan tiempos de extracción considerables, bajos rendimientos y altos costos. En este trabajo se desarrolló una metodología de extracción híbrida mediante la asistencia de ultrasonido-microondas para la obtención de metabolitos secundarios de hojas secas de *Mentha piperita* L. Los resultados fueron comparados con técnicas convencionales de extracción, logrando destacar una reducción considerable del tiempo y un rendimiento de 23.58%, siendo este en promedio 7.56% mayor que los resultados obtenidos por técnicas convencionales. Además, mediante FTIR-ATR y HPLC-MS/ESI se identificaron compuestos orgánicos, tales como ácido cafeico, medioresinol, ácidos cafeoilquínicos, ácido rosmarínico y luteolina demostrando que la tecnología híbrida ultrasonido-microondas, es una alternativa viable para extraer compuestos de interés con excelentes rendimientos.

Palabras Clave: extracción híbrida, *Mentha piperita* L., ultrasonido, microondas.

Abstract

Mentha piperita L. is one of the most popular and consumed species worldwide thanks to the presence of properties of great interest such as: antioxidant, antifungal and antibacterial capacity. There are various methodologies for the extraction of secondary metabolites, however, many of them turn out to be inefficient since they present considerable extraction times, low yields, and high costs. In this work, a hybrid extraction methodology was developed using ultrasound-microwave assistance to obtain secondary metabolites from dry leaves of *Mentha piperita* L. The results were compared with conventional extraction techniques, highlighting a considerable reduction in time and a yield of 23.58%, this being on average 7.56% higher than the results obtained by conventional techniques. In addition, by means of FTIR-ATR and HPLC-MS/ESI, organic compounds were identified, such as caffeic acid, medioresinol, caffeoylquinic acids, rosmarinic acid and luteolin, demonstrating that the hybrid ultrasound-microwave technology is a viable alternative to extract compounds of interest with excellent returns.

Keywords: hybrid extraction, *Mentha piperita* L., ultrasound, microwave.

1. Introducción

La *Mentha piperita* L. es una hierba perenne aromática que alcanza hasta 30–90 cm de altura con tallos generalmente ramificados de color violeta o púrpura es considerada una de las plantas más importantes en la industria farmacéutica, esto debido a los diversos compuestos orgánicos bioactivos que presenta (Mojally *et al.*, 2022). Dentro de las propiedades que presentan sus compuestos bioactivos se destaca los

antioxidantes, los cuales presentan como características principales el prevenir el inicio y la proliferación de reacciones en cadena mediadas por radicales libres (Mojally *et al.*, 2022) Es una de las especies más populares y consumidas a nivel mundial ya que ha sido reconocida como una de las plantas medicinales comerciales más importantes utilizadas en la industria clínica, farmacéutica, alimentaria y cosmética (Gholamipourfard *et al.*, 2021). Se le han atribuido múltiples propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias, antimicrobianas, antivirales, antioxidantes y fungicidas

*Autor para la correspondencia: aidesaenz@uadec.edu.mx

Correo electrónico: yesenia.franco@uadec.edu.mx (Yesenia Damaris Franco-Aguirre), aidesaenz@uadec.edu.mx (Aidé Sáenz-Galindo), cllopezb@uadec.edu.mx (Claudia Magdalena López-Badillo), raul.rodriguez@uadec.edu.mx (Raúl Rodríguez-Herrera), adali.castaneda@uadec.edu.mx (Adalí Oliva Castañeda-Facio), alberto_ascaciovaldes@uadec.edu.mx (Juan Alberto Ascacio-Valdés).

(Alirezalu *et al.*, 2020). Esto debido a su alto contenido de compuestos fenólicos, los cuales promueven la formación de monoterpenos, diterpenos fenólicos, flavonoides, ligninas entre otros (Gordo, 2018).

No obstante, el porcentaje del contenido de estos compuestos en el extracto de *Mentha piperita* L. dependen de diversas variables, una de ellas es la técnica de extracción empleada (Alirezalu *et al.*, 2020). En la actualidad los metabolitos secundarios de las plantas son obtenidos mediante distintas metodologías (Figura 1) y aunque han sido utilizadas ampliamente, presentan diversas desventajas (bajos rendimientos, residuos tóxicos, costos elevados y mayor consumo de tiempo y recursos) que en la actualidad se han convertido en una problemática (Roshanpour *et al.*, 2021).



Figura 1: Técnicas de extracción empleadas para la obtención de compuestos bioactivos.

Hoy en día, los extractos naturales se pueden obtener con tecnologías nuevas y emergentes, como la extracción asistida por microondas, la cual mediante la irradiación de calor permite la ruptura de la estructura celular de la planta provocando la liberación de los metabolitos secundarios (Simić, *et al.*, 2016). Otra de las técnicas que en la actualidad ha tomado gran importancia es la asistencia con sonoquímica la cual por medio de la propagación de ondas acústicas a altas frecuencias (>20 kHz) fomenta la formación y ruptura de burbujas provocadas por la cavitación, liberando los compuestos bioactivos del material biológico (Méndez *et al.*, 2018).

Una combinación de tecnologías anteriores crea una tecnología de extracción "híbrida" creando una interacción entre las burbujas de cavitación y la temperatura (García *et al.*, 2022). Es por eso por lo que se propone el desarrollo de una nueva alternativa para la extracción de metabolitos secundarios de *Mentha x piperita* L. mediante tecnologías híbridas de ultrasonido-microondas con el objetivo de evaluar el rendimiento de extracción y caracterizar los compuestos obtenidos mediante una metodología híbrida y compararla con metodologías emergentes tales como la asistencia de ultrasonido y la asistencia de microondas, las cuales se han

reportado ampliamente como técnicas de extracción con mejores rendimientos y amigables con el medio ambiente.

2. Materiales y métodos

2.1. Extracción de metabolitos secundarios

Previamente se cultivaron plántulas de *Mentha piperita* L. en una huerta ubicado en las coordenadas latitud 25.4294459 longitud -101.0188747 a una altitud de 1.600 msnm en el municipio de Saltillo Coahuila. Las hojas de *Mentha piperita* L. fueron cosechadas durante las mañanas del mes de octubre a una temperatura promedio de 14 °C para posteriormente dejarlas secar a temperatura ambiente durante 15 días a la luz del sol. A continuación, fueron trituradas durante 5 minutos con una potencia de 500 W y una velocidad de rotación de 2000 rpm en un molino multiusos (TECNAL, TE-631/4). Las extracciones fueron realizadas por distintas técnicas empleando como disolvente 1 L de etanol al 96% (JALMEK) y 100 g de materia orgánica (Tabla 1). Se utilizó un reactor híbrido (Ultrasonic Microwave Cooperative Workstation, XO-SM400) con asistencia de sonoquímica por 30 minutos con una potencia de 800 W y la asistencia de ondas microondas con una potencia de 800 W a una temperatura controlada de 40 °C. Se emplearon las mismas condiciones en todas las extracciones excepto una, la cual se llevó a cabo utilizando una parrilla de calentamiento y agitación (LAB COMPANION, HP-3100) a temperatura ambiente con agitación constante a una velocidad de rotación de 100 rpm durante 24 horas. A continuación, con papel filtro (WHATMAN, #4) se filtró el extracto para separar la materia vegetal y se evaporó el disolvente con un rotavapor (YAMATO, RE-301-BO) acoplado a un baño de aceite (YAMATO, BO400) de 4 L, una bomba de vacío (BUCHI, V-700) y un circulador de agua de refrigeración (YAMATO, CF301) para finalmente dejarlo secar hasta obtener un extracto sólido.

Tabla 1: Metodologías de extracción empleadas para la obtención de compuestos bioactivos de hojas secas de *Mentha x piperita* L.

Muestra	Técnica de extracción empleada
MUM	Simultánea ultrasonido-microondas
MU	Asistencia de ultrasonido
MM	Asistencia de microondas
MTA	Agitación a temperatura ambiente

2.2. Pruebas de solubilidad

Se tomaron 0.1 g de cada uno de los extractos secos obtenidos de *Mentha piperita* L. A continuación, se añadieron 10 mL de distintos disolventes, siendo estos: metanol, acetona, agua y etanol puros (Sigma-Aldrich, ahora Merck). Finalmente se agitaron vigorosamente y se observaron los resultados.

2.2. Análisis de espectroscopia infrarroja

Se empleó un equipo marca Perkin-Elmer, mediante Attenuated Total Reflectance (ATR), las muestras fueron analizadas sin ningún tipo de tratamiento previo, trabajando en un intervalo de 4500 a 580 cm^{-1} , con 2 cm^{-1} , de resolución, con 32 adquisiciones.

2.3. Análisis HPLC-MS/ESI

Se llevó a cabo el análisis por cromatografía líquida de alta resolución de fase inversa según la metodología descrita por Ascacio *et al.* (2016), utilizando un sistema Varian HPLC que incluye un muestreador automático (Varian ProStar 410, EE. UU.), una bomba ternaria (Varian ProStar 230I, EE. UU.) y un detector PDA (Varian ProStar 330, EE. UU.). También se utilizó un espectrómetro de masas con trampa de iones de cromatografía líquida (Espectrómetro de masas Varian 500-MS IT, EE. UU.) equipado con una fuente de iones de electropulverización. Las muestras (5 μ L) se inyectaron en una columna Denali C18 (150 mm \times 2.1 mm, 3 μ m, Grace, EE. UU.). La temperatura del horno se mantuvo a 30 $^{\circ}$ C. Los eluyentes fueron ácido fórmico (0.2 %, v/v; disolvente A) y acetonitrilo (disolvente B). Se aplicó el siguiente gradiente: inicial, 3% B; 0–5 min, 9% B lineal; 5–15 min, 16% B lineal; 15–45 min, 50% B lineal. A continuación, la columna se lavó y reacondicionó. El caudal se mantuvo a 0.2 mL/min y la elución se controló a 245, 280, 320 y 550 nm. Todo el efluente (0.2 mL/min) se inyectó en la fuente del espectrómetro de masas, sin dividirse. Todos los experimentos de MS se llevaron a cabo en el modo negativo [M-H]⁻¹. Se utilizó nitrógeno como gas nebulizador y helio como gas amortiguador. Los parámetros de la fuente de iones fueron: voltaje de pulverización de 5.0 kV y voltaje y temperatura del capilar de 90.0 V y 350 $^{\circ}$ C, respectivamente. Los datos se recopilaron y procesaron utilizando el software MS Workstation (V 6.9). Las muestras se analizaron en primer lugar en modo de exploración completa adquirida en el rango m/z 50–2000 (Ascacio *et al.*, 2016).

3. Resultados y discusión

Se obtuvieron extractos sólidos en polvo de distintas tonalidades de verde-marrón en donde se destaca una coloración más intensa en MUM y menos intensa y de color marrón en MTA (Figura 2). Los rendimientos alcanzados fueron mayores en la extracción llevada a cabo mediante metodología simultánea (MUM) obteniendo 23.58 g de extracto puro de 100 g de hojas secas de *Mentha piperita* L. representando esto el 23% de rendimiento el cual en promedio es 7.56% mayor que las técnicas de ultrasonido (MU), arrastre por disolvente MTA) y microondas (MM) (Tabla 2).

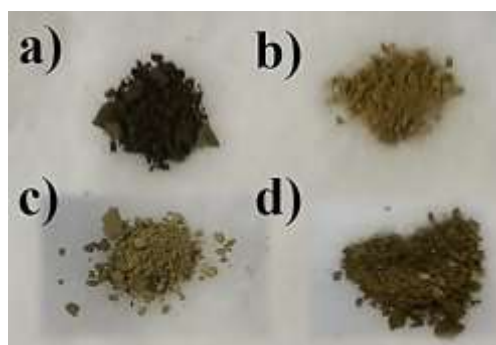


Figura 2: Extractos sólidos de *Mentha piperita* L. obtenidos mediante distintas técnicas de a) MUM, b) MTA, c) MU y d) MM.

Rubio (2019), reportó la extracción de *Mentha piperita* L. por arrastre empleando etanol como disolvente extractor al 96%, obteniendo como resultado un rendimiento del 13% siendo este menor al rendimiento obtenido en las distintas metodologías empleadas para este trabajo.

Tabla 2: Rendimientos obtenidos de las extracciones de *Mentha x piperita* L.

Muestra	Rendimiento (%)
MUM	23.58
MTA	18.73
MU	14.64
MM	14.60

Las pruebas de solubilidad mostraron mayor eficiencia en etanol y acetona mientras que en metanol hubo una disolución parcial del extracto (Tabla 3), no obstante, los extractos no se solubilizaron en agua. Esto se puede atribuir a la constante dieléctrica que presenta cada uno de los disolventes, para el caso de la acetona y el etanol, ya que presentan una constante dieléctrica (ϵ) de 20.7 y 24.5 respectivamente, en cambio el metanol y el agua presentan valores más altos de la (ϵ) de 32.7 y 80.1 respectivamente, se destaca que entre mayor sea el valor de la (ϵ) (Mohsen-Nia *et al.*, 2010), mayor el poder de solvatación y por ende la polaridad. En este contexto, los compuestos obtenidos de *Mentha piperita* L. mediante las distintas extracciones presentan compuestos orgánicos con baja polaridad y tienden a solubilizarse en disolventes de baja constante dieléctrica como lo es la acetona y el etanol.

Tabla 3: Resultados obtenidos en pruebas de solubilidad de los extractos obtenidos de *Mentha x piperita* L.

Muestra	Metanol	Etanol	Acetona	Agua
RUM	S*	S	S	I
RTA	S*	S	S	I
RU	S*	S	S	I
RM	S*	S	S	I

(S) Soluble (S*) Parcialmente soluble (I) Insoluble

Mediante HPLC-MS/ESI se lograron identificar 10 compuestos orgánicos, de las familias de los flavonoides, las ligninas y los ácidos hidroxicinámicos (Tabla 4), destacando la presencia de ácido cafeico y quercetina, (Figura 3).

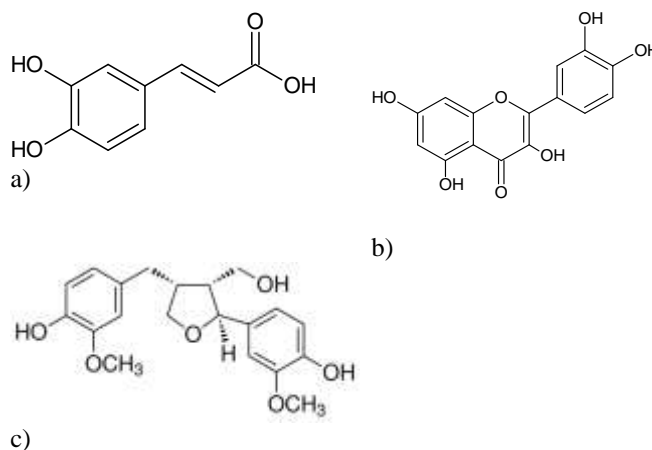


Figura 3: Estructuras químicas a) ácido cafeico, b) quercetina y c) lariciresinol.

Tabla 4: Compuestos identificados por Análisis de HPLC-MS/ESI de los extractos de menta empleando diferentes técnicas de extracción.

Muestra	TR	Masa (m/z)	Compuesto	Familia
MU	5.9	341.1	Caffeic acid 4-O-glucoside	AH
	19.3	353.0	1-Caffeoylquinic acid	AH
	21.3	341.0	Tetramethylscutellarein	M
	22.5	353.0	3-Caffeoylquinic acid	AH
	24.8	387.1	Medioresinol	L
	29.4	449.0	Myricetin 3-O-arabinoside	F
	32.5	595.2	Quercetin 3-O-glucosyl-xyloside	F
	36.5	579.3	Luteolin 7-O-(2-apiosyl-glucoside)	F
	39.8	359.1	Lariciresinol	L
	45.1	593.3	Luteolin 7-O-rutinoside	F
50.0	271.1	Butein	C	
MUM	5.9	341.2	Caffeic acid 4-O-glucoside	AH
	20.8	353.1	1-Caffeoylquinic acid	AH
	33.1	449.1	Myricetin 3-O-arabinoside	F
	36.1	595.3	Quercetin 3-O-glucosyl-xyloside	F
	39.2	579.3	Luteolin 7-O-(2-apiosyl-glucoside)	F
	42.2	359.1	Lariciresinol	L
	47.0	593.3	Luteolin 7-O-rutinoside	F
	52.0	271.1	Butein	C
	MTA	5.7	341.0	Caffeic acid 4-O-glucoside
23.1		387.1	Medioresinol	L
29.5		595.1	Quercetin 3-O-glucosyl-xyloside	F
33.0		579.1	Luteolin 7-O-(2-apiosyl-glucoside)	F
36.2		359.0	Lariciresinol	F
41.5		593.1	Luteolin 7-O-rutinoside	F
MU		46.0	271.0	Butein
	5.8	341.2	Caffeic acid 4-O-glucoside	AH
	20.6	353.0	1-Caffeoylquinic acid	AH
	27.0	387.2	Medioresinol	L
	32.9	449.1	Myricetin 3-O-arabinoside	F
	35.6	595.3	Quercetin 3-O-glucosyl-xyloside	F
	39.0	579.3	Luteolin 7-O-(2-apiosyl-glucoside)	F
	41.9	359.1	Lariciresinol	L
	46.8	593.3	Luteolin 7-O-rutinoside	F
	51.8	271.1	Buteina	C

Tiempo de retención (TR), Ácido hidroxicinámico (AH) Metoxiflavonide (M), Flavonoides (F) Lignano (L) y Chalconas (C).

Mediante el análisis FTIR-(ATR) se confirma la presencia de los grupos funcionales que están presentes en las familias de los compuestos orgánicos reportadas por HPLC-MS/ESI, en la Figura 4, se muestran los cuatro espectros de FTIR-(ATR), de los extractos de *Mentha Piperita* L. donde se evidencian que, en las cuatro técnicas de extracción, se presentan bandas semejantes. Se destaca la presencia de la banda en 3400cm^{-1} , pertenecientes a estiramientos de los enlaces O-H, sugiriendo la presencia de alcoholes y fenoles, en 2900 y 2923cm^{-1} , se muestran dos bandas, correspondientes a estiramientos de asimétricos y simétricos de C-H, en la región huella se presentan bandas alrededor de 1725cm^{-1} y 1705cm^{-1} , perteneciente a estiramientos de C=O (función carbonilo), presentes en cetonas y ácidos carboxílicos y en 1000cm^{-1} , se muestra la banda correspondiente al estiramiento C-O, de los éteres presentes en los compuestos extraídos.

Estos resultados coinciden con lo reportado en la literatura, por Pramila *et al.*, en 2012, donde trabajaron con extractos liofilizados de hojas de *Mentha piperita* L.

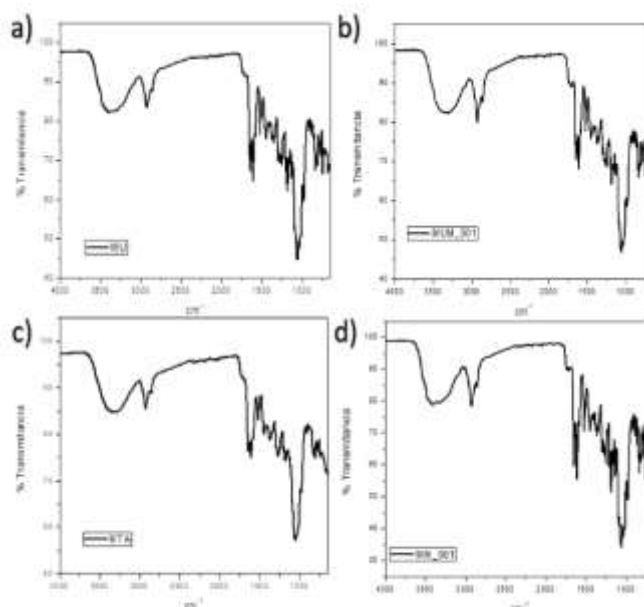


Figura 4. Espectroscopia FTIR-(ATR) de los extractos obtenidos de hojas secas de *Mentha piperita* L. empleando los tratamientos a) MU, b) MUM, c) MTA y d) MM.

Estos estiramientos coinciden con la estructura química de los compuestos identificados mediante HPLC-MS/ESI ya que se logra apreciar distintos enlaces O-H, C=O, COOH, C-O-C, entre otros. Además de acuerdo con diversas investigaciones, se ha logrado la identificación de compuestos orgánicos presentes en las hojas de *Mentha piperita* L., empleando distintos métodos de extracción (Tabla 5).

Tabla 5. Algunos compuestos identificados en diversos extractos obtenidos de hojas de *Mentha x piperita* L. descritos en la literatura.

Compuesto	Método de identificación	Referencia
Ácido rosmarínico	LC-MS	(Guedon <i>et al.</i> , 1994)
Luteolina-7-O-rutinósido	HPLC	(Inoue <i>et al.</i> , 2002)
Ácido cafeico	HPLC	(Dorman <i>et al.</i> , 2009)
Methoxykaempferol-7-O-rutinósido	LC-ESI-MS/MS	(Dolzhenko <i>et al.</i> , 2010)
Epicatequina	HPLC	(Mekinic <i>et al.</i> , 2014)
Quercetina-4-O-glucósido	HPLC	(Mekinic <i>et al.</i> , 2014)
Rutina	HPLC	(Farnad <i>et al.</i> , 2014)
Ácido clorogénico	HPLC	(Nilo <i>et al.</i> , 2017)
α -pineno y β -pineno	GC-MS	(Benabdallah <i>et al.</i> , 2018)
Mentol	GC-MS	(Salehi <i>et al.</i> , 2018)
Mentofurano	GC-MS	(Beigi <i>et al.</i> , 2018)
Ácido oléico	HPLC	(Barreto, 2019)
Ácido clorogénico	HPLC	(Barreto, 2019)
Acetato de metilo	HPLC	(Barreto, 2019)
Felandreno	HPLC	(Barreto, 2019)
Cadineno	HPLC	(Barreto, 2019)

4. Conclusiones

Se observó que en comparación con las demás técnicas empleadas en esta investigación (MU, MM y MTA), los extractos de *Mentha piperita* L. obtenidos mediante asistencia simultánea de ultrasonido-microondas (MUM) presentaron un rendimiento de extracción mayor. Además, mediante análisis FTIR-ATR y HPLC-MS se logró identificar compuestos de propiedades de interés industrial, tales como capacidad antioxidante, antibacteriana, antifúngica, entre otras. Por lo tanto, cumpliendo con el objetivo se logró demostrar que la extracción simultánea asistida con ultrasonido-microondas es una técnica que permite incrementar el rendimiento de

extracción que se ha presentado de manera separada bajo las mismas condiciones.

Agradecimientos

Se agradece a CONACYT por la beca con No. CVU 1147562 otorgada y al apoyo proporcionado a través del proyecto SEP-CONACYT Ciencia Básica 2017-2018 (CB2017-2018) A1-S-44977. Finalmente se agradece a la Universidad Autónoma de Coahuila y a la Facultad de Ciencias Químicas.

Referencias

- Alirezalu, K., Pateiro, M., Yaghoubi, M., Alirezalu, A., Peighambaroust, S. H., & Lorenzo, J. M. (2020). Phytochemical constituents, advanced extraction technologies and techno-functional properties of selected Mediterranean plants for use in meat products. A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 292–306. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.010>
- Ascacio-Valdés, J. A., Aguilera-Carbó, A. F., Buenrostro, J. J., Prado-Barragán, A., Rodríguez-Herrera, R. and Aguilar, C. N. (2016). The complete biodegradation pathway of ellagitannins by *Aspergillus niger* in solid-state fermentation. *J. Basic Microbiol.*, 56: 329–336. <https://doi.org/10.1002/jobm.201500557>
- Barreto-Campoverde K. L. Evaluación de plantas y extractos, repelentes de insectos en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) milagro–guayas. Universidad Agraria del Ecuador. Milagro. (2019). [En línea]. Revisado el 30-08-22. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BARRETO%20CAMPOVERDE%20KATY%20LIZ.pdf>
- Beigi, M., Torki-Harchegani, M., & Pirbalouti, A. G. (2018). Quantity and chemical composition of essential oil of peppermint (*Mentha x piperita* L.) leaves under different drying methods. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 267–276. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1453839>
- Benabdallah, A., Boumendjel, M., Aissi, O., Rahmoune, C., Boussaid, M., & Messaoud, C. (2018). Chemical composition, antioxidant activity and acetyl cholinesterase inhibitory of wild *Mentha* species from Northeastern Algeria. *South African Journal of Botany*, 116, 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.03.002>
- Dolzhenko, Y., Berteau, C. M., Occhipinti, A., Bossi, S., & Maffei, M. E. (2010). UV-B modulates the interplay between terpenoids and flavonoids in peppermint (*Mentha x piperita* L.). *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 100, 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2010.05.003>
- Damien-Dorman, H. J., Koşar, M., C-Başer, K. H., & Hiltunen, R. (2009). Phenolic profile and antioxidant evaluation of *Mentha x piperita* L. (peppermint) extracts. *Natural Product Communications*, 4(4), 535–542. <https://doi.org/10.1177/1934578X0900400419>
- Farnad, N., Heidari, R., & Aslanipour, B. (2014). Phenolic composition and comparison of antioxidant activity of alcoholic extracts of peppermint (*Mentha piperita*). *Food Measure*, 8, 113–121. <https://doi.org/10.1007/s11694-014-9171-x>
- García-Ortiz, J. D., Flores-Gallegos, A. C., Ascacio-Valdés, J. A., López-Badillo, C. M., Nery-Flores, S. D., Esparza-González, S. C., & Rodríguez-Herrera, R. (2022). Microwave-ultrasound assisted extraction of red corn pigments and their effect on chemical composition and Techno-functional properties. *Food Bioscience*, 102115. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102115>
- Gholamipourfard, K., Salehi, M., & Banchio, E. (2021). *Mentha piperita* phytochemicals in agriculture, food industry and medicine: Features and applications. *South African Journal of Botany*, 141, 183–195. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.05.014>
- Gordo, D. A. M. (2018). Los compuestos fenólicos, un acercamiento a su biosíntesis, síntesis y actividad biológica. *Revista de investigación agraria y ambiental*, 9(1), 81–104. <https://doi.org/10.22490/21456453.1968>
- Guedon, D. J., & Pasquier, B. P. (1994). Analysis and distribution of flavonoid glycosides and rosmarinic acid in *Mentha x piperita* clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 679–684. <https://doi.org/10.1021/jf00039a015>
- Inoue, T., Sugimoto, Y., Masuda, H., & Kamei, C. (2002). Antiallergic effect of flavonoid glycosides obtained from *Mentha piperita* L. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 25(2), 256–259. DOI: 10.1248/bpb.25.256
- Mohsen-Nia, M., Amiri, H. & Jazi, B. Dielectric Constants of Water, Methanol, Ethanol, Butanol and Acetone: Measurement and Computational Study. *Journal of Solution Chemistry*, 39, 701–708 (2010). <https://doi.org/10.1007/s10953-010-9538-5>
- Mojall, M., Sharmin, E., Obaid, N.A., Alhindi, Y., Abdall, A.N. (2022) Polyvinyl alcohol/corn starch/castor oil hydrogel films, loaded with silver nanoparticles biosynthesized in *Mentha piperita* leaves' extract. *Journal of King Saud University–Science*, 34, 101879. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101879>
- Mekinic, I. G., Skroza, D., Ljubenkovic, I., Simat, V., Mozina, S. S., & Katalinic, V. (2014). In vitro antioxidant and antibacterial activity of Lamiaceae phenolic extracts: A correlation study. *Food Technology and Biotechnology*, 52(1), 119–127. <https://hrcak.srce.hr/118571>
- Mendez-Flores, A., Hernández-Almanza, A., Sáenz-Galindo, A., Morlett-Chávez, J., Aguilar, C. N., & Ascacio-Valdés, J. (2018). Ultrasound-assisted extraction of antioxidant polyphenolic compounds from *Nephelepis lappaceum* L. (Mexican variety) husk. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 11(12), 676. <https://doi.org/10.4103/1995-7645.248339>
- Neira, M. C., Jiménez, F., & D'León, L. F. P. (1980). Influencia de la constante dieléctrica en la solubilización del diazepam. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 3(4), 37–61. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa>
- Nilo, M. C. S., Riachi, L. G., Simas, D. L. R., Coelho, G. C., da Silva, A. J. R., Costa, D. C. M., De Maria, C. A. B. (2017). Chemical composition, antioxidant, antifungal properties of *Mentha x piperita* L. (Peppermint), and *Mentha arvensis* L. (cornmint) samples. *Food Research*, 1(5), 147–156. https://www.myfoodresearch.com/uploads/8/4/8/5/84855864/_2_fr-2017-104_nilo_4.pdf
- Pramila, D. M., Xavier, R., Marimuthu, K., Kathiresan, S., Khoo, M. L., Senthilkumar, M., & Sreeramanan, S. (2012). Phytochemical analysis and antimicrobial potential of methanolic leaf extract of peppermint (*Mentha piperita*: Lamiaceae). *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(2), 331–335. <https://doi.org/10.5897/JMPR11.1232>
- Roshanpour, S., Tavakoli, J., Beigmohammadi, F., Alaei, S., & Mousavi Khaneghah, A. (2021). Extraction of phenol compound from *Mentha piperita* by ultrasonic waves based on a response surface methodology. *Food Science & Nutrition*. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2467>
- Rubio Garza, M. F. (2019). Evaluación in vitro antimicrobiana y coagulante de los extractos etanólicos de *Heterotheca inuloides*, *Mentha piperita* y *Amphipterygium adstringens* como alternativa terapéutica en Odontopediatría (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León). [En línea] Revisado el 24/11/2022 en: <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/18697>
- Salehi, B., Stojanovic-Radic, Z., Matejic, J., Sharopov, F., Antolak, H., Kregiel, D., Sharifi-Rad, J. (2018). Plants of genus *Mentha*: From farm to food factory. *Plants*, 7, 70. 1–36. <https://doi.org/10.3390/plants7030070>
- Simić, V. M., Rajković, K. M., Stojičević, S. S., Veličković, D. T., Nikolić, N. Č., Lazić, M. L., & Karabegović, I. T. (2016). Optimization of microwave-assisted extraction of total polyphenolic compounds from chokeberries by response surface methodology and artificial neural network. *Separation and Purification Technology*, 160, 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2019.01.006>