



CARACTERIZACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE ACEITE ESENCIAL DE OREGANO (*ORIGANUM VULGARE* L.) DE VALLES INTERANDINO DE MOQUEGUA

CHARACTERIZATION AND DETERMINATION OF THE ANTIOXIDANT ACTIVITY OF OREGANO ESSENTIAL OIL (*ORIGANUM VULGARE* L.) FROM THE INTER-ANDEAN VALLEYS OF MOQUEGUA

José-Orlando Quintana-Quispe^{1*}, Olimpia Llalla-Córdova¹, Yesica-Luz Vilcanqui-Chura¹ y Salomón-Rey Ramos-Rivera¹

Historia del Artículo:

Recibido: 01 de julio de 2022

Aceptado: 10 de setiembre de 2022

¹ Universidad Nacional de Moquegua, Moquegua, Perú.

jquintanaq@unam.edu.pe ORCID

Olimpia.unam@gmail.com ORCID

yvilcanquic@unam.edu.pe ORCID

sramosr@unam.edu.pe ORCID

* Autor de correspondencia: jquintanaq@unam.edu.pe

<https://doi.org/10.56636/ceprosimad.v10i2.118>

RESUMEN

Los aceites esenciales son una mezcla muy compleja de componentes y su composición puede variar en diferentes especies o variedades incluso dentro de la misma variedad. *Origanum vulgare* L. se encontró que el rendimiento es de 0,7% v / p. En este trabajo se determinó la composición química tentativa del aceite esencial y la evaluación de su actividad antioxidante en tres muestras de Moquegua. El aceite esencial se obtuvo de la extracción por destilación al vapor y se analizó mediante un cromatógrafo de gases acoplado a un espectrómetro de masas (GC-MS) para la determinación de los componentes. La actividad antioxidante se evaluó mediante la capacidad de eliminación de radicales (método DPPH). En promedio, los componentes principales de dos repeticiones de las tres muestras son: Iso Terpineol (31,23; 31,28; 27,94%), Timol (12,44; 12,48; 12,28%), gama-terpineno (6,56; 6,55; 7,644%), Antranilato de linalilo (6,49; 6,49; 6,72%), Cariofileno (4,13; 4,14; 4,33%) Terpineol (5,65; 5,65; 6,33%), Trans Terpineol (4,03; 4,02; 4,06%), Timol metileter (3,74; 3,75; 3,98%), Gama Elemeno (3,15; 3,16; 3,16%), Careno (2,83; 2,82; 3,53%), p-Cimeno (2,48; 2,48; 2,43%), Sabineno (2,47; 2,45; 2,35%), Timol metileter (1,43; 1,43; 1,65%), Tran Ocimeno (1,21; 1,21; 1,13%) como los componentes más abundantes. El aceite vegetal mostró una actividad antioxidante IC₅₀ en equivalentes de trolox para 10 µL de aceite esencial: Orégano de Cuchumbaya (CU3750): 12,348 ± 0,066 µg, Orégano de Chojata (CH3475): 12,249 ± 0,035 µg, Orégano de Puquina (PU3041): 12,197 ± 0,07 µg. El análisis estadístico, ANOVA indica que existen diferencias significativas en las tres muestras, se realizó una prueba de múltiples rangos para ver las diferencias significativas entre cada una, mostró que hubo diferencias

significativas entre CU3750 y CH3475, CU3750 y PU3041, en tanto, no hubo diferencias significativas entre el orégano CH3475 y PU3041 para la actividad antioxidante. Por tanto, los aceites mostraron una alta actividad antioxidante.

PALABRAS CLAVE: Timol, *Origanum vulgare*, GC/MS, Arrastre por vapor, Aceite esencial, Capacidad antioxidante.

ABSTRACT

Essential oils are a very complex mixture of components and their composition can vary in different species or varieties even within the same variety. *Origanum vulgare* L. it was found that the performance is 0.7% v/w. In this work, the tentative chemical composition of the essential oil and the evaluation of its antioxidant activity were determined in three samples from Moquegua. The essential oil was obtained from the extraction by steam distillation and it was analyzed by a Gas Chromatograph coupled to a Mass Spectrometer (GC-MS) for the determination of the components. The antioxidant activity was evaluated by the radical elimination capacity (DPPH method). In average, the main components of two repetitions of the three samples are: Iso Terpineol (31.23, 31.28, 27.94 %), Timol (12.44, 12.48, 12.28 %), gama-terpineno (6.56, 6.55, 7.644 %), Antranilato de linalilo (6.49, 6.49, 6.72 %), Cariofileno (4.13, 4.14, 4.33%), Terpineol (5.65, 5.65, 6.33 %), Trans Terpineol (4.03, 4.02, 4.06%), Timol metil eter (3.74, 3.75, 3.98%), Gama Elemeno (3.15, 3.16, 3.16%), Careno (2.83, 2.82, 3.53%), p-Cimeno (2.48, 2.48, 2.43%), Sabineno (2.47, 2.45, 2.35%), Timol metil eter (1.43, 1.43, 1.65%), Tran Ocimeno (1.21, 1.21, 1.13%) as the most plenty components. The plant oil showed an IC₅₀ antioxidant activity in trolox equivalents for 10 µL of essential oil: Orégano de Cuchumbaya (CU3750): 12,348 ± 0.066 µg, Orégano de Chojata (CH3475): 12.249 ± 0.035 µg, Orégano de Puquina (PU3041): 12.197 ± 0.07 µg. The statistical analysis, ANOVA indicates that there are significant differences in the three samples, it was performed a test of multiple ranges to see the significant differences between each one, it showed that there were significant differences between CU3750 and CH3475, CU3750 and PU3041, meanwhile, there weren't significant differences between oreghano CH3475 and PU3041 for antioxidant activity. Therefore, the oils showed high antioxidant activity.

KEYWORDS: Thymol, *Origanum vulgare*, GC / MS, Vapor entrainment, Essential oil, Antioxidant capacity.

INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales se han usado desde hace mucho tiempo en medicina, perfumería, cosmética y alimentos, generalmente son líquidos aromáticos y volátiles, obtenidos a partir de material vegetal, como cáscara, cortezas, flores, frutas, hojas, madera, raíces. Un aceite esencial o aceite etéreo refiere a metabolitos secundarios lipófilos de las plantas y enormemente volátiles que alcanzan un peso molecular por abajo de 300

unidades y que tienen la posibilidad de dividir físicamente de otros elementos de la planta o tejidos membranosos. Según la Organización Mundial de Normalización, el concepto «aceite esencial» está reservado para un «producto obtenido desde materia prima vegetal, así sea por destilación con agua o vapor, o a partir del epicarpio de los cítricos por medio de un proceso mecánico, o por destilación seca» (ISO 9235, 1997), o sea, solamente por medios físicos.

Por lo tanto, los aceites fundamentales más accesibles en el mercado se obtienen por hidrodestilación.⁵ Son insolubles en agua, levemente solubles en ácido acético y solubles en alcohol, grasas, ceras y aceites vegetales.

La mayoría de los aceites esenciales están constituidos principalmente por monoterpenos y sesquiterpenos (Khalil et al., 2018; Mahboubi et al., 2017; Santos et al., 2016), estos se forman por combinaciones de varias unidades en base a 5 carbonos (C5) llamadas isopreno, los monoterpenos (C10) se forman por dos isoprenos, los sesquiterpenos (C15) por tres isoprenos.

También existe hemiterpenos (C5), diterpenos (C20), triterpenos (C30), tetraterpenos (C40) y los terpenos que contiene oxígeno se llama terpenoide, de todos ellos los monoterpenos son las moléculas más representativas que constituyen el 90% de los aceites esenciales y permiten una gran variedad de estructuras (Bakkali et al., 2008).

Esta composición en el aceite esencial cambia con frecuencia en diferentes partes de la planta, entre sus diferentes órganos, en las diferentes etapas de crecimiento (Chamorro et al., 2008), con la finalidad de la supervivencia de las plantas en su entorno, se muestran diferentes aplicaciones como antimicrobiano (Bajalan et al., 2017; Khalil et al., 2018), antiparasitarios (Costa et al., 2018), antiviral (Schnitzler et al., 2011), insecticidas (Furtado et al., 2014), antifúngico (Bel Hadj Salah-Fatnassi et al., 2017; Wang et al., 2018) y como antioxidantes (Baj et al., 2018) (Baj et al., 2018), como saborizante en los productos alimenticios de confitería, refrescos y bebidas alcohólicas destiladas.

Existen diferentes métodos para extraer aceites esenciales dependiendo de las

características de materia prima, producto final, factores económicos y medioambientales, como la hidrodestilación, arrastre de vapor, extracción con solvente, prensado en frío, las no tradicionales como la extracción por fluido supercrítico, hidrodestilación asistida por microondas, asistida por ultrasonido, microondas sin solvente, hidrodifusión y gravedad de microondas (Khayat & Roselin, 2018).

Los análisis de los aceites esenciales pueden analizarse por cromatografía de gases acoplado a un espectrómetro de masas, la identificación de los componentes que están presentes se puede realizar tentativamente mediante la comparación de los espectros de masas del aceite esencial y la biblioteca de espectros Nist, junto con los datos correspondientes a los componentes reportados del aceite esencial de referencia (Furtado et al., 2014).

Las propiedades antioxidantes que presentan los aceites esenciales pueden efectuarse midiendo la capacidad de interaccionar con los radicales libres mediante el método DPPH 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo, ABTS 2, 2'-Azinobis-3-etil- benzo- tiazolina-6-acido sulfónico, FRAP poder antioxidante de reducción férrica con el reactivo TPTZ (2,4,6-tripiridil-s-triazina) (Bardaweel et al., 2018).

En este trabajo se extrajo el aceite esencial de tres muestras de orégano que proviene de tres zonas del departamento de Moquegua por el método de destilación por arrastre de vapor, para determinar su composición química, sus propiedades fisicoquímicas, así como su actividad antioxidante.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material vegetal

Las muestras de orégano seco provienen de campos de cultivo pertenecientes al grupo de beneficiarios de Sierra Exportadora, institución que brinda apoyo para el fortalecimiento en la competitividad comercial a pequeños y medianos productores de la región Moquegua. Las

muestras provienen de Cuchumbaya (CU3750), Chojata (CH3475) y Puquina (PU3041). Cultivados en terrazas o andenerías en valles interandinos y cosechadas en el periodo de diciembre 2017 a enero de 2018.

Tabla 1

Características del material vegetal.

Detalles	Cuchumbaya CU3750	Chojata CH3475	Puquina PU3041
Ubicación geográfica	16°46'14.1"S 70°42'31.6"W	16°23'01.4"S 70°44'21"W	16°37'16.1"S 71°10'42.1"W
Altitud	3750 msnm	3475 msnm	3041 msnm
Edad del cultivo	12 años	23 años	15 años
Tipo de suelo	arenoso	franco arenoso	franco arcilloso

Aislamiento de aceites esenciales

Se seleccionó solo las hojas y se separaron las impurezas. Cien gramos de hoja molidas de cada muestra se sometieron a una destilación por arrastre de vapor (Gawde et al., 2014), durante 4 h usando un florentín separador de fases para extraer en pequeña escala en laboratorio, se eligió este método convencional por ser fácil y de bajo costo.

Los aceites secaron sobre sulfato de sodio anhidro y fueron almacenados en viales a 4 °C hasta el análisis. Los rendimientos son expresados en % de volumen por peso seco.

Propiedades fisicoquímicas

Las propiedades fisicoquímicas como, la gravedad específica, el índice de acidez, índice de Peroxidos e índice de refracción se determinaron siguiendo los métodos estándar de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC). El índice de refracción y la gravedad específica se midieron a 17 °C, Las densidades se obtuvieron tomando el peso de un microcapilar de 5 uL (Drummond Scientific) con aceite y por separado con agua.

Cromatografía de gases/espectrometría de masas (GC/MS)

Los análisis se llevaron a cabo en un GC Agilent 6890N USA, un inyector automático Agilent 7683B, un espectrómetro de masas simple cuadrupolo Agilent 5975B, equipados con una columna capilar Agilent HP-5MS 5% Fenil Metil Siloxano 30 m x 250 µm x 0,25 µm, la temperatura del puerto de inyección fue de 200 °C. La velocidad de flujo del gas portador de helio fue de 1 ml/min.

Todos los espectros de masas se registraron con la siguiente condición: energía de electrones, 70 eV; fuente de iones, 230 °C, modo de adquisición de datos es por escaneo de masas de 40 a 400 uma; las muestras puras se inyectaron en modo dividido (proporción de división, 1:50). Los compuestos se identificaron mediante la comparación de sus datos espectrales y los datos de la Biblioteca de espectros de Masas NIST 11ª edición junto con los datos reportados en la detección de los componentes del aceite esencial del orégano.

Aislamiento de aceites esenciales.

La actividad antioxidante del aceite esencial de orégano se determinó por el radical estable DPPH 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (Calbiochem) donde a partir de una concentración madre de 100 ug/mL en etanol (J. Backer), se preparan deferentes concentraciones tomando volúmenes para 2, 4, 8, 16 ug/mL del estándar Trolox (Merck) y se tomó los mismos volúmenes de etanol para preparar el control (Ac), se mezclaron cada uno con 1,5 ml de solución en etanol absoluto de DPPH 6µg/1.5mL, el cambio de color de púrpura a amarillo se midió en un espectrofotómetro (Thermo Génesis 20) 517 nm después de 30 minutos de incubación a temperatura ambiente y en oscuridad, los resultados son expresados en equivalentes Trolox en función coeficiente de inhibición al 50% CI50 o IC50, se realizó el mismo procedimiento para el aceite esencial de Orégano tomando un volumen de 10 uL(AM) más el control (Ac). El porcentaje de inhibición del radical DPPH por el aceite esencial se estimó usando la siguiente ecuación:

$$Actividad_{antioxidante}(\%) = 1 - \left[\frac{AM}{Ac} \right] * 100 \quad (1)$$

Donde, Ac es la absorbancia de la reacción de control (que contiene todos los reactivos excepto el aceite esencial) y AM la absorbancia del aceite esencial. Se calculó la concentración de aceite que podría eliminar el 50% de los radicales DPPH (IC50) con el estándar Trolox. (Bardaweel et al., 2018; Bondet et al., 1997; Molyneux, s/f)

Análisis estadístico

Todos los experimentos se realizaron, por duplicado el análisis por cromatografía de gases, y por quintuplicado los análisis de actividad antioxidante como media \pm desviación estándar (ED), analizándose mediante análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples. Los análisis se llevaron a cabo utilizando Statgraphics 16 para Windows 7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Extracción del aceite esencial de orégano

Los aceites esenciales extraídos de las tres muestras de orégano presentan viscosidad acuosa, mostraron un color amarillo pálido y son líquidos a temperatura ambiente. El contenido de aceite esencial varía de 0,7 a 0,9% (v/p) basado en el peso seco, el contenido de aceite esencial en las muestras en estudio son relativamente alto con respecto a los estudios realizados por (Andi & Maskani, 2021), esto podría deberse al tipo de suelo y latitud de producción del cultivo.

Los parámetros fisicoquímicos se determinaron de acuerdo con AOAC (Tabla 2), la densidad e índice de refracción de las muestras de aceites esenciales no tienen diferencias significativas, sin embargo, la muestra CH3475 difiere en % acidez e índice de peróxidos con las muestras CU3750 y PU3041, ello puede ser debido a la ubicación geográfica y la edad del cultivo.

Tabla 2

Parámetros fisicoquímicos de aceite esencial.

Análisis	CU3750	CH3475	PU3041
Densidad gr/mL17°C	0,94±0,062 ^a	0,93±0,076 ^a	0,94±0,045 ^a
Índice de Refracción 20°C	1,52±0,054 ^a	1,52±0,056 ^a	1,53±0,051 ^a
Acidez % (ácido oleico)	5,86±0,036 ^a	4,3±0,039 ^b	5,86±0,041 ^a
Índice de Peróxidos meq/Kg	1,4±0,026 ^a	1,24±0,031 ^b	1,36±0,029 ^a

Análisis por cromatografía

Los resultados del análisis GC - MS se observan en la Tabla 3. Se identificaron un total de treinta y dos componentes que representan el 99,36 a 99,38%. Los componentes principales fueron Iso terpineol (27,9 a 31,3%), timol (12,3 a 12,5%), γ -terpineno (6,6 a 7,6%), Linalyl anthranilate (6,5 a 6,7%), 4-Terpineol (5,6 a 6,3%), trans Terpineol (4 a 4,1%) y cariofileno (4,1 a 4,3%).

Los aceites esenciales en este estudio tuvieron como componentes mayoritarios monoterpenos (90,9 a 91,1%) y sesquiterpenos (8,3 a 8,4%), este resultado es muy similar a los reportadas en las diferentes investigaciones, donde el porcentaje de monoterpenos identificados es mayor a los sesquiterpenos ello parece ser una característica propia del aceite esencial del orégano ([Andi & Maskani, 2021](#); [Bahmankar et al., 2019](#); [Béjaoui et al., 2013](#); [La Pergola et al., 2017](#)).

Los compuestos mayoritarios en las muestras de estudio fueron los isómeros Iso terpineol (27,9 a 31,3%), 4-Terpineol (5,6 a 6,3%), trans Terpineol (4 a 4,1%), sin embargo, en los resultados mostrados en ([Brondani et al., 2018](#)), los isómeros mayoritario fueron 4-Terpineol (41,17%) y α -terpineol (4,98%) perteneciendo en todos los casos a los isómeros terpineol difiriéndose solo en la ubicación del doble enlace.

Otro compuesto mayoritario fue el timol (12,3 a 12,5%) conocido por su alta actividad antimicrobiana ([Zaïri et al., 2020](#)), estudios anteriores reportan porcentajes diferentes ([Lukas et al., 2015](#)), ([Brondani et al., 2018](#)), ([Zhao et al., 2021](#)), de igual manera ocurre con los demás componentes, ello podría estar asociado al factor climático, área geográfica donde se cultiva, temperatura, factor genético, tiempo de recolección del

orégano ([Mastro et al., 2017](#)), ([Mastro et al., 2017](#)), ([Mastro et al., 2017](#)). También se observa que la ubicación geográfica, altitud, tipo de suelo y edad del cultivo tienen un impacto sobre algunos componentes del aceite esencial

Tabla 3

Componentes mayoritarios encontrados en el aceite esencial de orégano.

N°	Nombre	Tiempo de Retención min.	% abundancia relativa		
			CU3 750	CH3 475	PU3 041
1	α -Thujene	7,13	0,4	0,4	0,3
2	α -Pinene	7,37	0,3	0,3	0,3
3	Sabinene	8,43	2,5	2,5	2,4
4	β -Pinene	8,57	0,2	0,2	0,1
5	β -Myrcene	8,78	0,8	0,8	0,8
6	α -Phellandrene	9,28	0,1	0,1	0,2
7	(+)-4-Carene	9,65	2,8	2,8	3,5
8	p-Cymene	9,87	2,5	2,5	2,4
9	D-Limonene	10	0,8	0,8	0,8
10	β -Phellandrene	10,05	0,7	0,6	0,7
11	trans- β -Ocimene	10,12	1,2	1,2	1,1
12	β -Ocimene	10,44	0,2	0,2	0,2
13	γ -Terpinene	10,91	6,6	6,6	7,6
15	α -Terpinolene	11,79	1,0	0,9	1,3
14	trans Terpineol	11,18	4,0	4,0	4,1
16	Iso Terpineol	12,27	31,2	31,3	27,9
17	trans-2-Menthenol	12,85	1,0	1,0	1,1
18	cis-2-Menthenol	13,37	0,5	0,5	0,6
19	endo-Borneol	14,26	0,3	0,3	0,3
20	4-Terpineol	14,62	5,7	5,6	6,3
21	α -Terpineol	14,96	2,7	2,7	2,6
22	Piperitol	15,11	0,3	0,3	0,3
23	cis-Piperitol	15,43	0,3	0,3	0,3
24	Thymol methyl ether	16,15	1,4	1,4	1,7
25	Isothymol methyl ether	16,46	3,7	3,8	4,0
26	Linalyl anthranilate	16,73	6,5	6,5	6,7
27	Thymol	17,82	12,4	12,5	12,3
28	p-Thymol	18,08	0,9	0,9	1,0
Monoterpenos hidrocarbonados			20,0	19,9	21,8
Monoterpenos oxigenados			71,0	71,1	69,2
Total Monoterpenos			91,1	91,1	90,9
29	Caryophyllene	21,86	4,1	4,1	4,3
30	γ -Elemene	23,92	3,2	3,2	3,2
31	Espatuleno	26,04	0,6	0,6	0,5
32	Caryophyllene oxide	26,24	0,5	0,5	0,4
Total Sesquiterpenos			8,3	8,3	8,4
TOTAL			99,4	99,4	99,4

Actividad antioxidante por el método DPPH

La actividad antioxidante del aceite esencial según la Tabla IV de las tres muestras es diferente, siendo mayor para el aceite esencial CU3750 (12.348 ug/uL) esta muestra fue colectada a 3750 msnm, CH3475 (12.249 ug/uL) a 3475 msnm y PU3041 (12.197± 0.077 ug/uL) a 3041 msnm; según los resultados obtenidos la ubicación geográfica influye en la capacidad antioxidante que tienen las muestras, así como lo señala (Mechergui et al., 2016), así como la altitud y tipo de suelo según Tabla 4. La actividad antioxidante de las muestras estudiadas es superior a lo reportado por (Mechergui et al., 2016) y (Kulisic et al., 2004), esto puede ser debido a los componentes identificados en los aceites esenciales los cuales tienen mayor capacidad

antioxidante como es el iso terpineol, timol, γ - terpineno, Linalyl anthranilate, 4-Terpineol entre otros como componentes mayoritarios.

Tabla 4

Análisis de los datos de actividad antioxidantes en equivalentes Trolox.

Procedencia del orégano	Equivalentes Trolox ug/10uL de Aceite esencial
CU3750	12,348 ±0,066 ^a
CH3475	12,249 ±0,035 ^b
PU3041	12,197± 0,077 ^c

Análisis estadístico de la actividad antioxidante

Se ha realizado el análisis de varianza con Statgraphics VXL.

Tabla 5

Análisis de varianza ANOVA.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0593733	2	0,0296867	14,60	0,0006
Intra grupos	0,0244	12	0,00203333		
Total (Corr.)	0,0837733	14			

La Tabla 5, descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 14.6, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos.

Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza. Ello podría estar asociado al factor a la ubicación geográfica, altitud, tipo de suelo y edad del cultivo que tienen un impacto sobre la actividad antioxidante del aceite esencial de orégano.

CONCLUSIONES

Se ha logrado extraer el aceite esencial de orégano en un 0,7% p/v.

Los componentes que tentativamente se identificaron en el aceite esencial son 33.

Se ha demostrado que en 10 μ L de aceite esencial de las tres muestras de orégano presenta actividad antioxidante de 12,348 ± 0,066 μ g procedente de Cuchumbaya, 12,249 ± 0,035 μ g de Chojata y 12,197± 0,07 μ g de Puquina.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos: Los autores agradecen el financiamiento del proyecto a la Universidad Nacional de Moquegua: C.O. N° 562-2017-UNAM y Centro de Promoción Económica Tacna - Moquegua de Sierra Exportadora, 2018.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andi, S. A., & Maskani, F. (2021). Essential oil chemical diversity of twenty Iranian *Origanum vulgare* L. subsp. *viride* populations. *Biochemical Systematics and Ecology*, 98, 104323.
- Bahmankar, M., Mortazavian, S. M. M., Tohidfar, M., Sadat Noori, S. A., Izadi Darbandi, A., & Al-fekaiki, D. F. (2019). Chemotypes and morpho-physiological characters affecting essential oil yield in Iranian cumin landraces. *Industrial Crops and Products*, 128(October 2018), 256–269.
- Baj, T., Baryluk, A., & Sieniawska, E. (2018). Application of mixture design for optimum antioxidant activity of mixtures of essential oils from *Ocimum basilicum* L., *Origanum majorana* L. and *Rosmarinus officinalis* L. *Industrial Crops and Products*, 115, 52–61.
- Bajalan, I., Rouzbahani, R., Pirbalouti, A. G., & Maggi, F. (2017). Antioxidant and antibacterial activities of the essential oils obtained from seven Iranian populations of *Rosmarinus officinalis*.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils - A review. En *Food and Chemical Toxicology* (Vol. 46, Número 2, pp. 446–475). Pergamon.
- Bardaweel, S. K., Bakchiche, B., ALSalamat, H. A., Rezzoug, M., Gherib, A., & Flamini, G. (2018). Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and Antiproliferative activities of essential oil of *Mentha spicata* L. (Lamiaceae) from Algerian Saharan atlas. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 18(1), 1–7.
- Béjaoui, A., Chaabane, H., Jemli, M., Boulila, A., & Boussaid, M. (2013). Essential oil composition and antibacterial activity of *Origanum vulgare* subsp. *glandulosum* Desf. at different phenological stages. *Journal of Medicinal Food*, 16(12), 1115–1120.
- Bel Hadj Salah-Fatnassi, K., Hassayoun, F., Cheraif, I., Khan, S., Jannet, H. Ben, Hammami, M., Aouni, M., & Harzallah-Skhiri, F. (2017). Chemical composition, antibacterial and antifungal activities of flowerhead and root essential oils of *Santolina chamaecyparissus* L., growing wild in Tunisia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(4), 875–882.
- Bondet, V., Brand-Williams, W., & Berset, C. (1997). Kinetics and Mechanisms of Antioxidant Activity using the DPPH.Free Radical Method. *LWT - Food Science and Technology*, 30(6), 609–615.
- Brondani, L. P., da Silva Neto, T. A., Freitag, R. A., & Lund, R. G. (2018). Evaluation of anti-enzyme properties of *Origanum vulgare* essential oil against oral *Candida albicans*. *Journal de mycologie medicale*, 28(1), 94–100.
- Chellappandian, M., Vasantha-Srinivasan, P., Senthil-Nathan, S., Karthi, S., Thanigaivel, A., Ponsankar, A., Kalaivani, K., & Hunter, W. B. (2018). Botanical essential oils and uses as mosquitocides and repellents

- against dengue. En *Environment International* (Vol. 113, pp. 214–230). Elsevier Ltd.
- Costa, S., Cavadas, C., Cavaleiro, C., Salgueiro, L., & do Céu Sousa, M. (2018). In vitro susceptibility of *Trypanosoma brucei brucei* to selected essential oils and their major components. *Experimental Parasitology*, 190, 34–40.
- Furtado, R., Baptista, J., Lima, E., Paiva, L., Barroso, J. G., Rosa, J. S., & Oliveira, L. (2014). Chemical composition and biological activities of *Laurus* essential oils from different Macaronesian Islands. *Biochemical Systematics and Ecology*, 55, 333–341.
- Gawde, A., Cantrell, C. L., Zheljazkov, V. D., Astatkie, T., & Schlegel, V. (2014). Steam distillation extraction kinetics regression models to predict essential oil yield, composition, and bioactivity of chamomile oil. *Industrial Crops and Products*, 58, 61–67.
- Gawde, A., Cantrell, C. L., Zheljazkov, V. D., Astatkie, T., & Schlegel, V. (2014). Steam distillation extraction kinetics regression models to predict essential oil yield, composition, and bioactivity of chamomile oil. *Industrial Crops and Products*, 58, 61–67.
- Khalil, N., Ashour, M., Fikry, S., Singab, A. N., & Salama, O. (2018). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of selected Apiaceous fruits. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(1), 88–92.
- Khayyat, S. A., & Roselin, L. S. (2018). Recent progress in photochemical reaction on main components of some essential oils. En *Journal of Saudi Chemical Society* (Vol. 22, Número 7, pp. 855–875). Elsevier B.V.
- Kulisic, T., Radonic, A., Katalinic, V., & Milos, M. (2004). Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. *Food Chemistry*, 85(4), 633–640.
- La Pergola, A., Restuccia, C., Napoli, E., Bella, S., Brighina, S., Russo, A., & Suma, P. (2017). Commercial and wild
- Sicilian *Origanum vulgare* essential oils: chemical composition, antimicrobial activity and repellent effects. *Journal of Essential Oil Research*, 29(6), 451–460.
- Lukas, B., Schmiderer, C., & Novak, J. (2015). Essential oil diversity of European *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae). *Phytochemistry*, 119, 32–40.
- Mahboubi, M., Heidarytabar, R., Mahdizadeh, E., & Hosseini, H. (2017). Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus* species and *Zataria multiflora* essential oils. *Agriculture and Natural Resources*, 51(5), 395–401.
- Mastro, G. De, Tarraf, W., Verdini, L., Brunetti, G., & Ruta, C. (2017). Essential oil diversity of *Origanum vulgare* L. populations from Southern Italy. *Food Chemistry*, 235, 1–6.
- Mechergui, K., Jaouadi, W., Coelho, J. P., & Khouja, M. L. (2016). Effect of harvest year on production, chemical composition and antioxidant activities of essential oil of oregano (*Origanum vulgare* subsp *glandulosum* (Desf.) Ietswaart) growing in North Africa. *Industrial Crops and Products*, 90, 32–37.
- Molyneux, P. (s/f). The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity.
- Santos, D. L., Ferreira, H. D., Borges, L. L., Paula, J. R., Tresvenzol, L. M. F., Santos, P. A., Ferri, P. H., De Sá, S.,

- & Fiuza, T. S. (2016). Chemical composition of essential oils of leaves, flowers and fruits of *hortia oreadica*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26(1), 23–28.
- Wang, H., Yang, Z., Ying, G., Yang, M., Nian, Y., Wei, F., & Kong, W. (2018). Antifungal evaluation of plant essential oils and their major components against
Toxigenic fungi. *Industrial Crops and Products*, 120, 180–186.
- Yilmaz, M. T., Tatlisu, N. B., Toker, O. S., Karaman, S., Dertli, E., Sagdic, O., & Arici, M. (2014). Steady, dynamic and creep rheological analysis as a novel approach to detect honey adulteration by fructose and saccharose syrups: Correlations with HPLC-RID results. *Food Research International*, 64, 634–646.
- Zaïri, A., Nour, S., Khalifa, A. M., Ouni, B., Haddad, H., Khelifa, A., & Trabelsi, M. (2020). Phytochemical Analysis and Assessment of Biological Properties of Essential Oils Obtained from Thyme and Rosmarinus Species. En *Current Pharmaceutical Biotechnology* (Vol. 21, Número 5, pp. 414–424).
- Zhao, Y., Yang, Y.-H., Ye, M., Wang, K.-B., Fan, L.-M., & Su, F.-W. (2021). Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Origanum vulgare* against *Botrytis cinerea*. *Food Chemistry*, 365, 130506.