



Composición química y actividad antibacteriana de aceites esenciales e hidrolato de Chikchipay (*Tagetes multiflora* Kunth)

Chemical composition and antibacterial activity of essential oils and hydrolate of Chikchipay (*Tagetes multiflora* Kunth)

Composição química e atividade antibacteriana de óleos essenciais e hidrolato de Chikchipay (*Tagetes multiflora* Kunth)

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.327>

Fidelia Tapia Tadeo¹
ftapia@unajma.edu.pe

Maria Del Carmen Delgado Laime¹
mcdelgado@unajma.edu.pe

Henry Palomino Rincón¹
hpalomino@unajma.edu.pe

Edwin Mescco Caceres¹
emescco@unajma.edu.pe

Juan Alarcon Camacho²
jalarconc@utea.edu.pe

¹Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú

²Ingeniería Agropecuaria, Universidad Tecnología de los Andes, Abancay, Perú

Artículo recibido 22 de julio 2024 / Arbitrado 28 de agosto 2024 / Publicado 20 de septiembre 2024

RESUMEN

Los aceites esenciales y los hidrolatos obtenidos de plantas aromáticas han sido objeto de creciente interés debido a sus diversas propiedades biológicas, entre ellas la actividad antibacteriana. El enfoque cuantitativo, tipo descriptivo, observacional. Se consideró como población aceite esencial de Chikchipay. El **objetivo** es describir la composición química y actividad antibacteriana de aceites esenciales e hidrolato de Chikchipay (*Tagetes multiflora* Kunth). Se investigaron los aceites esenciales (AE) y los hidrolatos (HY) de *Tagetes multiflora* Kunth para definir sus composiciones químicas y propiedades antibacterianas. El aceite esencial se obtuvo por arrastre a vapor de agua, posteriormente se determinó su rendimiento de extracción, densidad relativa, índice de refracción y solubilidad en etanol (70 % v/v). La composición química fue evaluada mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS). **Resultados:** La actividad antioxidante fue determinada mediante el método del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH). La composición química de EO y HY fue Dihydrotagetone (42,2 %, 33,5 %) y el α -pineno (16,7 %, 39,0 %) fueron los principales compuestos del A.E. el 1,8- cineol (30,3 %, 48,4 %) y el alcanfor (17,1 %, 8,7 %) fueron para HY respectivamente. **Conclusiones:** El aceite esencial presentó una notable capacidad antioxidante, con un valor de EC50 de 1117.78 μ mol Trolox/mL. Por el contrario, el hidrolato mostró una actividad antioxidante significativamente menor, con un valor de EC50 de 0.29 μ mol Trolox/mL. Estos resultados indican que el principal componente antioxidante se encuentra concentrado en el aceite esencial y no en el hidrolato.

Palabras clave: Aceite; Antioxidante; Chikchipay; Esencial; Hidrolato

ABSTRACT

Essential oils and hydrolates obtained from aromatic plants have been the subject of increasing interest due to their diverse biological properties, including antibacterial activity. The quantitative approach, descriptive, observational type. Chikchipay essential oil was considered as a population. The **objective** is to describe the chemical composition and antibacterial activity of essential oils and hydrolate of Chikchipay (*Tagetes multiflora* Kunth). The essential oils (EO) and hydrolates (HY) of *Tagetes multiflora* Kunth were investigated to define their chemical compositions and antibacterial properties. The essential oil was obtained by steam stripping, then its extraction yield, relative density, refractive index and solubility in ethanol (70% v/v) were determined. The chemical composition was evaluated by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). **Results:** The antioxidant activity was determined by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical method. The chemical composition of EO and HY was Dihydrotagetone (42.2%, 33.5%) and α -pinene (16.7%, 39.0%) were the main compounds of EO, 1,8- cineole (30.3%, 48.4%) and camphor (17.1%, 8.7%) were for HY respectively. **Conclusions:** The essential oil presented a remarkable antioxidant capacity, with an EC50 value of 1117.78 μ mol Trolox/mL. On the contrary, the hydrolate showed a significantly lower antioxidant activity, with an EC50 value of 0.29 μ mol Trolox/mL. These results indicate that the main antioxidant component is concentrated in the essential oil and not in the hydrolate.

Key words: Oil; Antioxidant; Chikchipay; Essential; Hydrolate

RESUMO

Os óleos essenciais e os hidrolatos obtidos a partir de plantas aromáticas têm sido objeto de crescente interesse devido às suas diversas propriedades biológicas, incluindo a atividade antibacteriana. A abordagem quantitativa, do tipo descritiva, observacional. O óleo essencial de Chikchipay foi considerado como população. O **objetivo** é descrever a composição química e a atividade antibacteriana dos óleos essenciais e do hidrolato de Chikchipay (*Tagetes multiflora* Kunth). Os óleos essenciais (OE) e os hidrolatos (HY) de *Tagetes multiflora* Kunth foram investigados para definir as suas composições químicas e propriedades antibacterianas. O óleo essencial foi obtido por arraste de vapor, posteriormente determinou-se o seu rendimento de extração, densidade relativa, índice de refração e solubilidade em etanol (70% v/v). A composição química foi avaliada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS). **Resultados:** A atividade antioxidante foi determinada pelo método do radical livre 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH). A composição química do OE e do HY foi A diidrotagetona (42,2%, 33,5%) e o α -pineno (16,7%, 39,0%) foram os principais compostos do A.E. O 1,8-cineol (30,3%, 48,4%) e a cânfora (17,1%, 8,7%) foram para HY respectivamente. **Conclusões:** O óleo essencial apresentou uma notável capacidade antioxidante, com um valor de CE50 de 1117,78 μ mol Trolox/mL. Em contraste, o hidrolato apresentou uma atividade antioxidante significativamente mais baixa, com um valor de CE50 de 0,29 μ mol Trolox/mL. Estes resultados indicam que o principal componente antioxidante está concentrado no óleo essencial e não no hidrolato.

Palavras-chave: Petróleo; Antioxidante; Chichipay; Essencial; Hidrolato

INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales se han utilizado durante miles de años para conservar alimentos y proporcionar sabores distintivos a ciertos alimentos y bebidas (1). Numerosos aceites esenciales exhiben actividad antimicrobiana y pueden prevenir el crecimiento de microorganismos patógenos (2-5), mejorando así la seguridad alimentaria. Numerosas publicaciones han confirmado la posibilidad de utilizar aceites esenciales, como orégano, romero, salvia y tomillo, en carnes para alargar la vida útil (6,7). Muchas plantas, particularmente las que se usan como alimentos y condimentos, tienen compuestos antibacterianos que actúan como un mecanismo de defensa natural (8).

Los aceites esenciales reciben atención por su actividad antimicrobiana contra diferentes tipos de bacterias y hongos (9), citostática e insecticida, también se usan como sabores alimenticios (10), como aditivos naturales en alimentos (11) Los compuestos fenólicos presentes en los aceites esenciales les otorgan sus propiedades antioxidantes (12). El huacatay (*Tagetes minuta*) es una planta aromática con amplio espectro de actividad biológica, con propiedades medicinales, antioxidantes y antimicrobianas (13). La creciente demanda por alternativas naturales a los aditivos sintéticos ha impulsado la búsqueda de nuevas fuentes, principalmente vegetales (14); en alimentación, es muy importante su capacidad conservante (15).

El creciente interés en las industrias de alimentos, sabores y perfumería contribuye a la investigación de las condiciones ambientales que afectan la composición cualitativa y el rendimiento (16). *Tagetes minuta*. Es conocida con el nombre común de "huacatay" en Perú, en México se conoce como "caléndula mexicana" (17). Por lo tanto, este trabajo se orientó principalmente hacia el estudio de los potenciales antimicrobianos y de conservación de *Tagetes minuta*. Desde su Aceite esencial y usos potenciales en el sector alimentario. Los estudios disponibles relacionados con la bioactividad de esta planta se centraron principalmente en extractos de plantas, en lugar de aceites esenciales.

También se explotan como aditivos o ingredientes naturales en alimentos que alegan beneficios para la salud) (5), así como sus propiedades hepatoprotectoras (12), se han informado previamente para *Tagetes minuta*. La actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Tagetes minuta* contra los patógenos comunes transmitidos por los alimentos y las bacterias que deterioran los alimentos se probó in vitro, seguido del estudio de la aplicación potencial para la conservación de la hamburguesa y la mejora de las propiedades de oxidación lipídica, microbiológicas y sensoriales. En Perú *Tagetes minuta* se utiliza como especia en la gastronomía, sin embargo, sus aceites esenciales en la conservación de alimentos procesados son muy poco utilizados, por tal motivo el objetivo del estudio fue caracterizar el perfil

químico y actividad antioxidante del aceite esencial e hidrolato de la especie vegetal Chikchipay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del presente estudio, se seleccionó el enfoque cuantitativo, tipo descriptivo, es observacional donde se consideró como población aceite esencial de Chikchipay que fueron extraídas en el laboratorio de biotecnología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Universidad Nacional José María Arguedas, sede académica de Santa Rosa, distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas región de Apurímac, Perú, año 2023.

Las hojas de Chikchipay, fueron recolectados en la región andina de la provincia de Andahuaylas, Perú respectivamente. Las muestras de las hojas de Chikchipay se colectaron en los meses de febrero y marzo del 2023. Las hojas se seleccionaron de manera cuidadosa, se empacaron en bolsas oscuras de plástico y rotuladas, luego se secaron a temperatura ambiente la cual fue de 18° C, hasta 11,6% de humedad promedio.

Extracción de aceites esenciales

Los aceites esenciales se extrajeron durante dos horas en un equipo de destilación por arrastre de vapor. Para eliminar la humedad remanente se agregó sulfato de sodio anhidro en proporción de 30 g/L; posteriormente se congeló por un día, luego se centrifugó; el sobrenadante se almacenó en refrigeración y oscuridad hasta su análisis,

los rendimientos de extracción se evaluaron de acuerdo con la ecuación 1.

$$\%P = \frac{\text{Masa final de aceite esencial (g)}}{\text{Masa inicial de muestra o follaje (g)}} * 100$$

Ec 1

Composición química

La composición química de los aceites esenciales (AE) fue determinada utilizando un Cromatógrafo de Gases acoplado a Espectrómetro de Masas (GC-MS) (Shimadzu, QP2010 Ultra, Japón), equipado con una columna de 30 m x 0,25 mm x 0,25 μm (Restek, RTX-5MS, Estados Unidos), y automuestreador (Shimadzu, AOC-6000, Japón). Las muestras se desecaron con sulfato de sodio anhidro y se filtraron usando filtros de jeringa de 0,45 μm, se usó inyección por headspace (HS-GCMS). Se tomó 200 μL de la muestra filtrada y se colocó en viales de 10 mL. Los viales se colocaron inmediatamente en el automuestreador del GC-MS para su lectura. La temperatura fue 60 °C por 20 min incrementándose hasta 220 °C a un rango de 3 °C/min, finalmente mantenida a 250 °C por 20 min. El gas de transporte fue helio de alta pureza a 0,8 mL/min. El modo de inyección split fue a 220 °C (0,5 min), selector de masas selectivo de cuadrupolo, con un sistema de ionización de 70 eV y 250 °C. Se comparó los espectros de masa de los componentes del AE con la librería NIST, tiempo de retención y porcentaje de área bajo la curva.

Densidad

Se utilizó el método gravimétrico, con un picnómetro de 5 ml a la temperatura de 20°C.

Determinación del Índice de Acidez

Para determinar índice de acidez se muestra una técnica que consiste en pesar exactamente 1g de aceite esencial en un erlenmeyer de 100 mL, luego se agrega 15 mL de alcohol del 95% neutralizado (se prepara hirviendo 50 mL de alcohol absoluto añadiendo unas gotas de fenolftaleína y se tituló con KOH 0.01 N)

Se agrega 3 gotas de fenolftaleína y se titula con solución alcohólica de KOH 0.01 N agitando suavemente el erlenmeyer. Cuando aparece una coloración rosada con persistencia de 10 segundos finalizó la titulación.

Determinación del Índice de Esteres

- Se transfiere 1 g de aceite esencial a un matraz y añadiendo 5 mL de etanol absoluto y 5, gotas de fenolftaleína.
- Se titula la acidez libre con solución alcohólica de KOH 0.1N (T1)
- Se añade 20 mL de solución alcohólica de KOH 0.5N, al líquido neutralizado y se refluja durante 1 hora.
- Transcurrido el tiempo se añade 5 gotas de fenolftaleína y se titula con una solución alcohólica de HCl 0.5N (T2).
- Se efectúa una determinación en blanco omitiendo el aceite esencial (T3).

Caracterización Cromatográfica

La composición del aceite esencial fue determinada por un cromatógrafo de gases, teniendo como gas de arrastre al He o H₂. Las muestras fueron diluidas en hexano, inyectándose en la siguiente programación: 40°C - 290°C, 5°C/min, 290°C (30min). La identificación de las sustancias fue basada en un análisis comparativo de sus espectros de masas con el banco de datos.

Esta prueba se desarrolló con el apoyo de los laboratorios de la Universidad de Cayetano Heredia

Actividad antioxidativa

La actividad captadora de radicales libres DPPH se determinó empleando el método descrito por Silva et al (con algunas modificaciones 75 µL de muestra fueron adicionados a 150 µL de una solución metanólica de DPPH (100 ppm) y se incubaron a temperatura ambiente durante 30 min, luego de los cuales se determinó espectrofotométricamente la desaparición del radical DPPH a 550 nm en lector de microplacas Multiskan Ex (Thermoscientific). Se utilizó ácido ascórbico (25,0 µg/mL como control positivo de captación de los radicales DPPH).

$$\% \text{ Inhibición} = [(AO - AF) / AO] \times 100 \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde AO y AF son los valores de absorbancia del blanco (solución de DPPH en alcohol) y la muestra (solución de DPPH más antioxidante disueltos en alcohol) respectivamente.

Análisis estadístico

Para la elaboración de los tratamientos se utilizó un diseño completamente al azar de una vía. Los datos se analizaron mediante el procedimiento ANOVA, utilizando el procedimiento General Lineal Model (GLM) en SAS, versión 9.1.3 (18). Posteriormente, se realizó una comparación múltiple de medias mediante la LSD de Fischer, utilizando un valor de $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS

Composición química y Rendimiento de extracción

En la Tabla 1, se muestra el rendimiento de extracción de aceite esencial e hidrolato de Chikchipay. Se encontraron diferencias significativas entre aceite esencial e hidrolato de un $0,82 \pm 1,10\%$ para aceite esencial y $67,32 \pm 3,87\%$ de hidrolato.

El rendimiento de aceite esencial de composición química y rendimiento de extracción

En la Tabla 1, se muestra el rendimiento de extracción de aceite esencial e hidrolato de Chikchipay. Se encontraron diferencias significativas entre aceite esencial e hidrolato de un $0,82 \pm 1,10\%$ para aceite esencial y $67,32 \pm 3,87\%$ de hidrolato.

El rendimiento de aceite esencial de Chikchipay en este estudio fue mayor que el obtenido mediante hidrodestilación convencional

(19) o destilación al vapor (20). Como se mencionó, esto podría deberse a la sinergia de los efectos de ósmosis y cavitación generados durante la sonicación mediada por sal. Además, los rendimientos del aceite esencial de Chikchipay obtenidos en este estudio son consistentes con investigaciones previas que sugieren que la sonicación asistida por sal puede romper las paredes celulares de las plantas, facilitando la liberación de los compuestos volátiles y, por lo tanto, aumentando el rendimiento del aceite esencial

La determinación de las propiedades fisicoquímicas permitió conocer el control de calidad y pureza en aceites esenciales. La densidad presentó una variación mínima en ambos tanto en aceite esencial e hidrolato de $0,995$ a $0,996$ g/ml. El índice de refracción fue de 65 a 110 para ambas AE e H. Sin embargo, solubilidad del aceite esencial fue positiva como se muestra en la tabla 1, rendimiento y propiedades físicas de los aceites esenciales Chikchipay.

Análisis	(AE)	(Hidrolato).
Rendimiento	$0,82 \pm 1,10$	$67,32 \pm 3,87\%$
Densidad (g/ml) a 24 °C	$0,943 \pm 0,001$	$0,920 \pm 0,001$
Índice de refracción a 24 °C	$111 \pm 0,15$	$75 \pm 0,46$

Solubilidad EtOH 70 % (v/v) Positivo en este estudio fue mayor que el obtenido mediante hidrodestilación convencional (19) o destilación al vapor (20). Como se mencionó, esto podría deberse a la sinergia de los efectos de ósmosis y cavitación generados durante la sonicación mediada por sal. Además, los rendimientos del aceite esencial de Chikchimpay obtenidos en este estudio son consistentes con investigaciones previas que sugieren que la sonicación asistida por sal puede romper las paredes celulares de las

plantas, facilitando la liberación de los compuestos volátiles y, por lo tanto, aumentando el rendimiento del aceite esencial

La determinación de las propiedades fisicoquímicas permitió conocer el control de calidad y pureza en aceites esenciales. La densidad presentó una variación mínima en ambos tanto en aceite esencial e hidrolato de 0,995 a 0,996 g/ml. El índice de refracción fue de 65 a 110 para ambas AE e H. Sin embargo, solubilidad del aceite esencial fue positiva como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Rendimiento y propiedades físicas de los aceites esenciales Chikchimpay.

Análisis	(AE)	(Hidrolato)
Rendimiento	0,82 ± 1,10	67,32 ± 3.87%
Densidad (g/ml) a 24 °C	0,943 ± 0,001	0,920 ± 0,001
Índice de refracción a 24 °C	111 ± 0,15	75 ± 0,46
Solubilidad EtOH 70 % (v/v)	Positivo	Positivo

Dentro de cada columna se denotan significación en la prueba de Tukey, con $\alpha = 5\%$. A continuación, Figura 1.

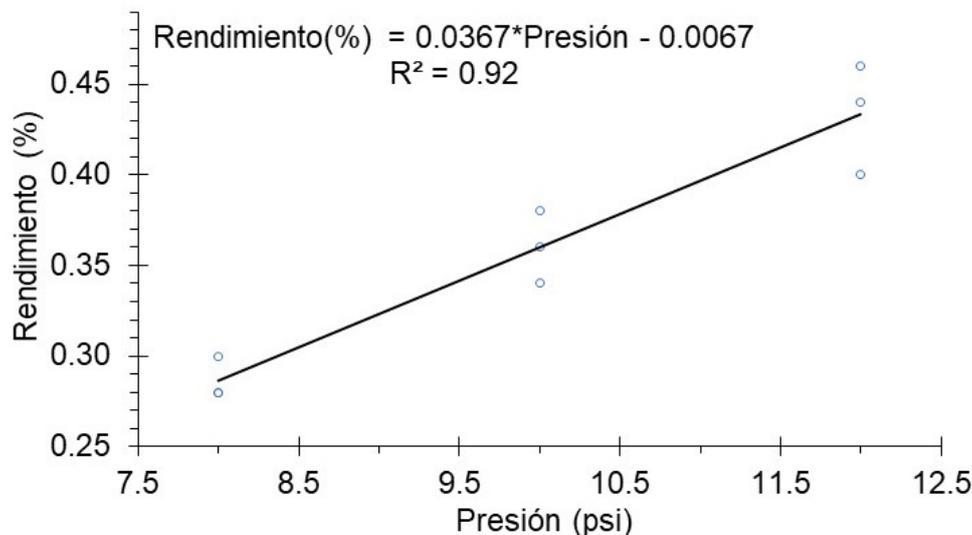


Figura 1. Curva de rendimiento de extracción de aceite esencial para Chikchimpay.

La Figura 1, muestra una relación directa y positiva entre la presión aplicada y el rendimiento en la extracción de aceite esencial de Chikchipay. A medida que aumenta la presión, también aumenta el porcentaje de aceite esencial obtenido. La línea de tendencia ajustada a los datos experimentales indica un ajuste bastante bueno

($R^2=0.92$), lo que sugiere una fuerte correlación entre ambas variables. Esto implica que la presión es un factor determinante en la eficiencia del proceso de extracción, y que un aumento en la presión puede ser una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento de la extracción. Tabla 2, a continuación.

Tabla 1. Rendimiento y propiedades físicas de los aceites esenciales Chicchipay.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Fcal	p-value
Presión	2	0.032	0.016	33	AS0.001
Error	6	0.003	0.000		
Total	8	0.035			

Composición química de aceites esenciales de las muestras en estudio

Los componentes identificados en el aceite esencial de Chikchipay se observan en la Tabla 3, que corresponde a la familia de los terpenos, estos se identificaron con el tiempo de retención en comparación con los patrones de fragmentación de los espectros de masas de cada constituyente.

En total, se detectaron nueve compuestos principales en el AE de Chikchipay, que representan el 84,4% del aceite esencial total. Los compuestos más abundantes, que representan el 50% del aceite esencial, fueron *cis-Tagetone* (29.06%), *el trans- β -Ocimene* (20.33%) y *Dihydrotagetone* (7.88%).

Tabla 3. Compuestos en el aceite de Chikchipay.

Compuesto	% en la muestra	
	Aceite esencial	Hidrolato
trans- β -Ocimene	20.33	
Dihydrotagetone	7.88	28.28
Terpinolene	7.40	
cis-Tagetone	29.06	
cis-Tagetenone	4.55	15.93
rans-Tagetenone	4.55	
β -Caryophyllene	2.35	
α -Phellandrene	2.84	

Compuesto	% en la muestra	
	Aceite esencial	Hidrolato
Limonene	2.10	
Cyclohexene		24.6
Trans-Tagetone		2.5
4-Terpineol		1.8
p-Cymenol-8		3.3
Piperitenone		57.2
Apiol		10.6

Además, se encontraron *Dihydrotagetone* y Terpinolene en igual y menor porcentaje (7,8%). Los porcentajes más bajos correspondieron al **Limonene** (2,9%), α -Phellandrene (2.84), β -Caryophyllene (2.35). Estos compuestos se encontraban comúnmente en el aceite esencial de la familia de tagetes, aunque con diferentes porcentajes según la estación, el origen geográfico, los factores ambientales, los métodos de extracción, los órganos de la planta, las técnicas de muestreo y las diferencias genéticas.

De acuerdo con este estudio de Tibaldi (21), informaron que el AE de la inflorescencia de *S. officinalis* cultivada en Alemania estaba compuesto principalmente por α -tujona, **1,8**-cineol, β -pineno y *E*-cariofileno. Además, Li et al. (22) atribuyó la diferencia con respecto a la composición química de *S. officinalis* EO a la parte de la planta. Los compuestos β -tujona, **1,8**-cineol y alcanfor fueron más abundantes en el AE de las hojas de *S. officinalis*, mientras que α -tujona, β -pineno y

1,8-cineol fueron más abundantes en el AE de las flores de *S. officinalis*. Además, en otro estudio de partes aéreas enteras de *S. officinalis* de la India, se encontró que los porcentajes de α -tujona, **1,8**-cineol, *E*-cariofileno, viridiflorol, β -pineno y borneol eran mayores en el aceite esencial.

Del mismo modo, se informó que el contenido total era menor en la inflorescencia en comparación con los tallos, contrariamente a la tendencia observada de acumulación de β -pineno (23). Por otro lado, los datos presentados en estudios previos sobre *S. officinalis* EO indicaron que los componentes más abundantes eran α -tujona y alcanfor. Además, estudios recientes de *S. officinalis* cultivados en el sur de Brasil (24), informó que los AE contenían principalmente α -tujona, **1,8**-cineol y alcanfor. Guidi et al. (25) informaron que los compuestos más abundantes en muestras de AE de *S. officinalis* cultivadas en Italia fueron α -tujona, alcanfor, borneol, γ -muroloeno y esclareol.

Además de las diferencias bien explicadas entre las especies *de Salvia*, se sabe que la variabilidad intraespecies afecta la composición química. La composición química también se ve afectada por el origen geográfico, la parte de la planta, la etapa fenológica y las condiciones de cultivo. Se ha informado anteriormente que la salvia bajo estrés hídrico exhibió un crecimiento reducido y una composición química alterada que la salvia bajo riego regular (21).

Perfiles cromatográficos comparativos de aceites esenciales y extractos de hidrolatos

Las composiciones químicas de aceites esenciales y extractos hidrolados de *P. suffruticosa* Andr. Los cultivares se dan en la Tabla 2. Los perfiles cromatográficos típicos se dan en la Figura 2. En total se identificaron 85 compuestos que representan entre el 97,7% y el 99,8% de la composición total.

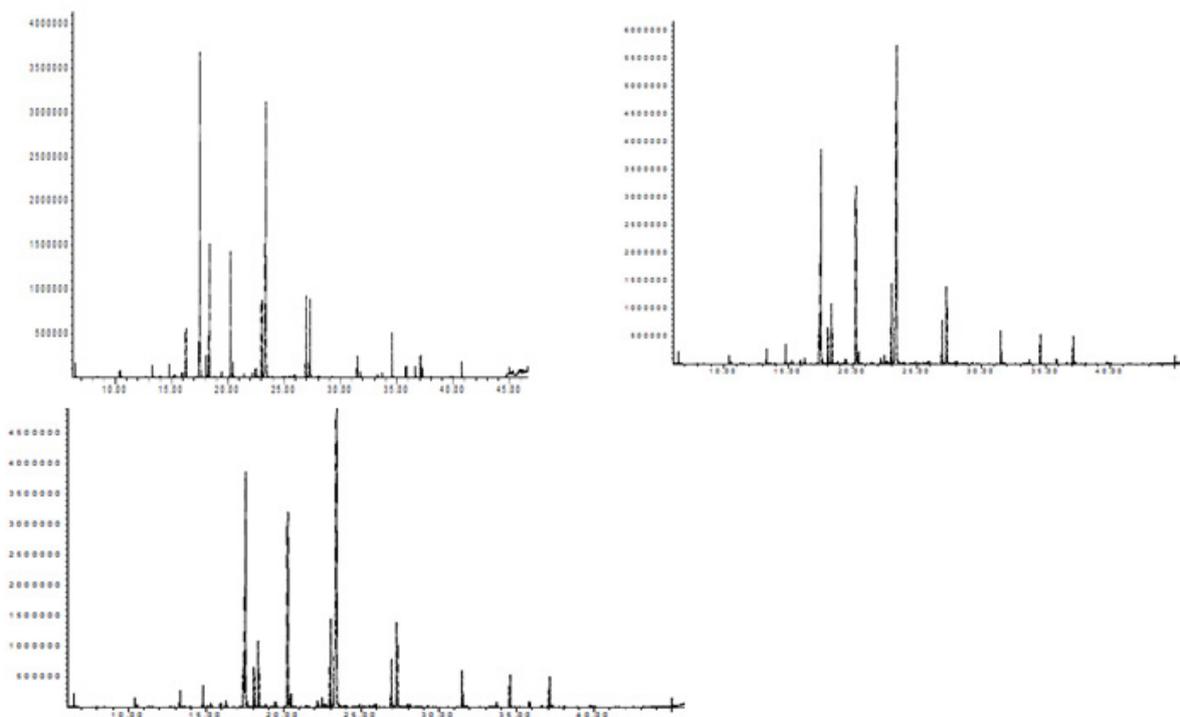


Figura 2. Perfiles cromatográficos típicos.

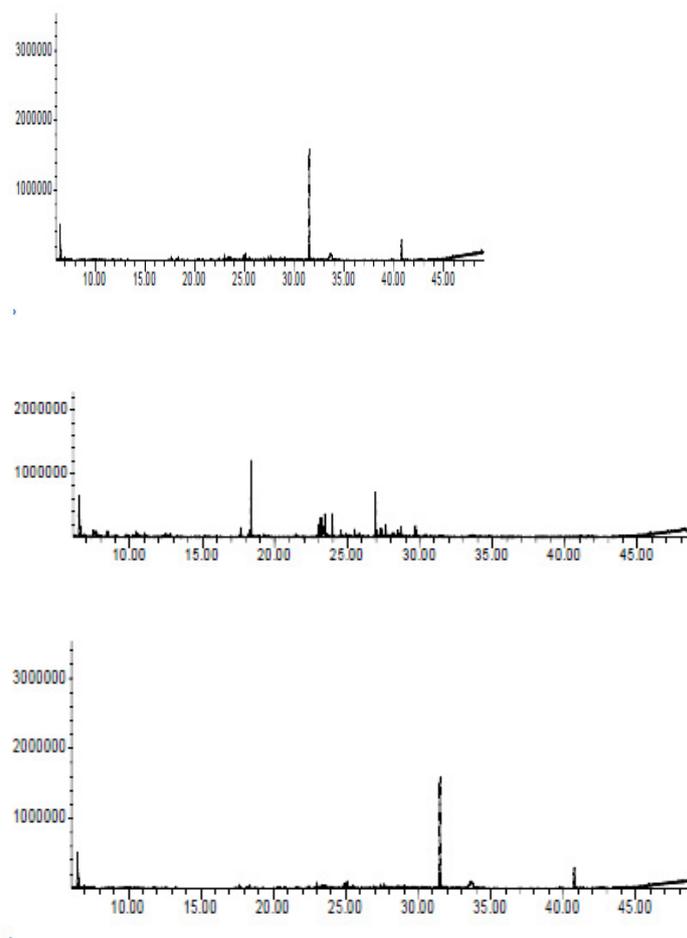


Figura 3. Cromatograma iónico total del aceite esencial Chicchipay.

En cuanto a la Figura 3, cromatograma composición significativas iónico total del Hidrolato de Chikchipay. Se observaron diferencias de entre los aceites esenciales y los extractos de hidrolatos. Los hidrocarburos representaron proporciones considerables (29,8-63,7%) de los componentes de los aceites esenciales, pero sus porcentajes en los extractos de hidrolatos fueron bastante bajos ($\leq 1,1\%$). Por otro lado, en los extractos hidrolados predominaron los compuestos oxigenados (98,3–

99,8%). La diferencia entre los aceites esenciales y los extractos hidrolados puede explicarse por el efecto de la solubilidad. Los compuestos oxigenados poseen una solubilidad en agua relativamente alta y tienden a disolverse en el hidrolato durante la destilación (26). Además, la hidrodestilación que emplea el aparato Clevenger como método de farmacopea recupera solo una parte de los componentes del aceite esencial solubles en agua (27).

Los porcentajes de hidrocarburos no terpénicos en los aceites esenciales (29,2–57,1%) fueron mucho más altos que los de los extractos de hidrolatos ($\leq 1,1\%$). Estos en los aceites esenciales eran principalmente tricosano (3,6–14,2%), nonadecano (2,1–13,0%), heptadecano (2,1–11,7%), pentadecano (2,1–11,2%), pentacosano (2,0–9,1%) y (E)- 8-heptadeceno ($\leq 4,1\%$). Estos coincidieron aproximadamente con los resultados de la literatura de que los n -alcanos como el heptadecano y el heneicosano representan proporciones relativamente altas de los componentes del aceite esencial de *P. suffruticosa* Andr. (Han, 2014).

Los hidrocarburos no terpénicos son indeseables por su escasa contribución al aroma o sabor de los aceites esenciales (28). Aceites esenciales de *P. suffruticosa* Andr. También contenía ciertas cantidades de hidrocarburos terpénicos (0,1–6,6%), que no se detectaron en los extractos de hidrolatos. Se sabe que la oxidación o polimerización de los hidrocarburos terpénicos que se producen bajo oxígeno o luz es la razón principal del deterioro de la calidad del aceite esencial (28).

Los porcentajes de compuestos oxigenados no terpénicos en los extractos de hidrolatos (24,2–96,6%) fueron significativamente más altos que los de los aceites esenciales (11,7–62,5%)

de los mismos cultivares. Estos en los extractos de hidrolato eran principalmente 2-feniletanol, 1,3,5-trimetoxibenceno, (Z)-3-hexen-1-ol, 1-hexanol, 1,4-dimetoxibenceno y alcohol cinámico, etc. Estaba presente 2-feniletanol con mayor porcentaje en el extracto hidrolato de 'WLPS' (64,4%) mientras que no se detectó en el de 'BXT'. Este compuesto también predomina en los hidrolatos de rosa (*Rosa damascena* Mill. y *R. rugosa* Thunb (29)). Además, se encuentra en volátiles florales de ciertos *P. suffruticosa* Andr. Cultivares. El 1,3,5-Trimetoxibenceno existió con el mayor porcentaje en el extracto hidrolato de 'SHT' (64,7%).

Los porcentajes de terpenos oxigenados en los extractos de hidrolatos fueron mayores que los de los aceites esenciales para los cultivares, excepto 'SHT' y 'WLPS'. Se trataba principalmente de alcoholes monoterpénicos, en particular geraniol, citronelol, nerol, linalol y óxidos de linalol (furanoide). El geraniol, el citronelol y el nerol se reconocen como los principales alcoholes monoterpénicos característicos del aceite de rosa (Lei et al. 2015). Además, se informa que los óxidos de linalol (furanoide) predominan en los hidrolatos volátiles de *Osmanthus fragrans* Lour (29). Otros terpenos oxigenados en los extractos de hidrolatos incluían el ácido geránico, que no se detectó en los aceites esenciales. El ácido geránico también

se encuentra en la hierba de limón (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf) y es la sustancia clave responsable de la potente actividad de inhibición de la tirosinasa (30).

Actividad antioxidante de AE *Piper aduncum*. y *Borago officinalis*.

En la Tabla 3, se muestra los resultados de la capacidad antioxidante del hidrolato y aceite esencial de chikchipay encontrándose 117.78 y 106.47 $\mu\text{mol trolox/mL}$, mostrando diferencia significativa (valor de $p < 0,05$). La figura 3, muestra los resultados de la capacidad antioxidante del aceite esencial de Chikchipay donde no mostraron diferencia significativa (valor de $p = 0,924$). Sin embargo, el hidrolato muestra una actividad antioxidante de 0.29 y 0.26 $\mu\text{mol trolox/mL}$.

Los resultados de este estudio muestran la capacidad de los AE obtenidos de la variedad "Nanuk" para eliminar tres radicales diferentes, lo que sugiere su utilidad como potentes agentes antioxidantes para futuras investigaciones.

Además, la variación de las condiciones climáticas a lo largo de los tres años (2018-2020) ha influido en la composición química de los AE y FW, lo que indica una posible modificación en su composición química al disminuir o aumentar la concentración de compuestos con actividad antioxidante.

El estudio realizado con AEs obtenidos de las partes aéreas de *T. elliptica* exhibió una actividad antioxidante moderada (31). Las propiedades antioxidantes se pueden atribuir a un alto contenido de cetonas (monoterpenos acíclicos), incluidas *cis*- y *trans*-tagetenona y tagetona, que se encuentran en la composición de los AE, así como a la acción sinérgica entre varios compuestos mayores y menores (32). Sin embargo, aún no se comprende completamente el mecanismo por el cual los compuestos de los AE ejercen su efecto antioxidante. Se han propuesto varios mecanismos, principalmente sus propiedades redox, que desempeñan un papel importante en la absorción y neutralización de radicales libres, así como en la descomposición de peróxidos (33).

Tabla 3. Compuestos en el aceite de Chikchipay.

Presión (psi)	\bar{x}	\pm	Ds	CV (%)	*
Aceite esencial					
AE	106.47	\pm	3.04	0.02	
Hidrolato	0.29	± 0.001	0.01		

Dónde: es la \bar{x} media aritmética, DS es la desviación estándar, CV es el coeficiente de variación

*Cada letra diferente indica la diferencia significativa, evaluada a través de la prueba de Tukey con una significación del 5%

**N.R. no reportado

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la técnica de sonicación asistida por sal es una herramienta eficaz para la extracción de aceite esencial de *Tagetes multiflora*. El rendimiento obtenido fue significativamente superior al reportado en investigaciones previas que emplearon métodos convencionales como la hidrodestilación (19) y la destilación por vapor (20). Esta mejora en el rendimiento puede atribuirse a la sinergia de los efectos mecánicos y químicos de la sonicación, que rompen las paredes celulares de las plantas y facilitan la liberación de los compuestos volátiles.

Es importante destacar que, aunque la sonicación asistida por sal ha demostrado ser una técnica prometedora para la extracción de aceites esenciales, su eficiencia puede verse influenciada por diversos factores como la potencia del equipo de ultrasonido, el tiempo de sonicación, la relación sólido-líquido y la naturaleza del material vegetal. Por lo tanto, se requieren estudios adicionales

para optimizar las condiciones de extracción y maximizar el rendimiento.

Los resultados de las propiedades fisicoquímicas del aceite esencial y el hidrolato de *Tagetes multiflora* obtenidos en este estudio se encuentran dentro de los rangos reportados para otros aceites esenciales. La densidad y el índice de refracción son parámetros importantes para el control de calidad y la autenticidad de los aceites esenciales. Los valores obtenidos en este estudio sugieren que el aceite esencial producido mediante sonicación asistida por sal presenta características fisicoquímicas similares a los obtenidos por otros métodos de extracción.

La solubilidad del aceite esencial en etanol al 70% (v/v) indica la presencia de compuestos polares en la muestra. Esta información, junto con los datos de composición química, puede ser útil para la caracterización y la identificación de los compuestos mayoritarios presentes en el aceite esencial.

CONCLUSIONES

En el estudio se determinó el rendimiento de extracción del aceite esencial e hidrolato con el cual los rendimientos de extracción oscilaron entre $0,82 \pm 1,10\%$ para aceite esencial y $67,32 \pm 3,87\%$ de hidrolato. Las características fisicoquímicas y cromatográficas del aceite esencial de aceite esencial e hidrolato presentaron una densidad alrededor de $0,996$ (g/ml) con resultados

similares, con un índice de refracción de 1,52 para aceite esencial y 1,33 hidrolatos. Así mismo a nivel de caracterización cromatográfica fue posible identificar 29 componentes químicos y 06 componentes químicos para hidrolato ambas especies presentaron *cis-Tagetone*, *el trans- β -Ocimene* y *Dihydrotagetone* como componentes principales a las tres presiones de extracción de un total de (14%). Además, se encontraron *Dihydrotagetone* y Terpinolene en igual y menor porcentaje (7,8%). Los porcentajes más bajos correspondieron al *Limonene* (2,9%), α -Phellandrene (2.84), β -Caryophyllene (2.35)

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vásquez-Ocmín S, Cojean E, Rengifo S, Suyyagh-Albouz C, Amasifuen-Guerra S, Pomel B, Cabanillas K, Mejía P, Loiseau B, Figadère A, Maciuk. Antiprotozoal activity of medicinal plants used by Iquitos-Nauta road communities in Loreto (Peru), J. Ethnopharmacol. 2018. 210: 372-385. <https://acortar.link/Y10A2H>
2. Chrysargyris A, Mikallou M, Petropoulos S, Tzortzakis N. Perfil de los componentes de aceites esenciales y polifenoles por su actividad antioxidante de plantas medicinales y aromáticas cultivadas bajo diferentes condiciones ambientales, Agronomía. 2020;10(5): 727. <https://acortar.link/Li6QZu>
3. Safar A, Ghafoor A, Dastan D, Composición química, actividades antibacterianas y antioxidantes del aceite esencial de *Tagetes patula* L. criado en Erbil, Irak, J. Reports Pharm. 2020. 9(1): 59-67. <https://acortar.link/Hdebo3>
4. Oliveira-Everton G, Pereira-Araújo R, da Silva dos Santos A, Serra-Rosa P, de Oliveira-Carvalho R, Teles A, Barros-Gomes P, Mouchrek V, Caracterização química, atividade antimicrobiana e toxicidade dos óleos essenciais da Pimenta dioica L. (pimenta da Jamaica) e *Citrus sinensis* L. Osbeck (laranja doce), Rev.Cien. Quím. Granja. 2020; 49(3): 641-655. <https://acortar.link/D7IJAK>
5. Blowman K, Magalhaes M, Lemos M, Cabral C, Pires I. Propiedades anticancerígenas de aceites esenciales y otros productos naturales. Evidente complemento basado. Medicina natural. 2018: 3149362. <https://acortar.link/ODWHfr>
6. Zhu J, Yang J, Wu G, Jiang J. Actividades antioxidantes, anticancerígenas y antimicrobianas comparativas de aceites esenciales de *Semen Platycladi* mediante diferentes métodos de extracción. Ind. Cultivos Prod. 2020; 146: 112206. <https://acortar.link/XTla7a>
7. Mitropoulou G, Sidira M, Skitsa M, Tsochantaridis I, Pappa A, Dimtsoudis C, Proestos C, Kourkoutas Y. Evaluación del potencial antimicrobiano, antioxidante y antiproliferativo de *Sideritis raeseri* subps. Aceite esencial de Raeseri. Alimentos. 2020; 9: 860. <https://acortar.link/2YFk5Z>
8. Viktorová J, Stupák M, Řehořová K, Dobiasová S, Hoang L, Hajšlová J, Van Thanh T.; Van Tri L, Van Tuan N, Ruml T. El aceite esencial de hierba de limón no modula la resistencia a múltiples fármacos de las células cancerosas por Citral: su compuesto dominante y fuertemente antimicrobiano. Alimentos. 2020; 9: 585. <https://acortar.link/nrzMu0>
9. Alves N, Setzer W, da Silva J. La química y las actividades biológicas de *Peperomia pellucida* (Piperaceae): una revisión crítica. J. Etnofarmacol. 2019; 232: 90–102. <https://acortar.link/oBXuoB>
10. Antas R, Jesse Y, Azevedo G, Guimaraes E, Carina A, Defaveri A, Lima D. Químico diversidad de aceites esenciales en la especie *Piper* L. (Piperaceae) de la isla de Marambaia, Río de Janeiro-RJ, Brasil. Rev. Química Virtual. 2021; 13: 1203-1215. <https://acortar.link/GH7TxW>

11. Ingaroca S, Castro A y Ramos N. Composición química y pruebas de actividad antioxidante y efecto fungistático sobre *Candida albicans* de aceite esencial de *Piper aduncum* L. "Matico". *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 2019; 85(2), 268-279. <https://acortar.link/C0zIFG>
12. Montaner C, et al. "Evaluación de genotipos de borraja (*Borago officinalis* L.) para el valor nutracéutico basado en la composición de ácidos grasos de la hoja". *Alimentos*. 2021; 11 (1). 16. <https://acortar.link/shfjyY>
13. Mallor C. Borraja (*Borago officinalis* L.). En una planta emblemática de Aragón; Cuadernos de Aragón, 83; Institución Fernando el Católico: Zaragoza, España. 2020; 105. <https://acortar.link/pZZlpl>
14. Avila C, Breakspear I, Hawrelak J, Salmond S y Evans S. Una revisión sistemática y evaluación de la calidad de los informes de casos de eventos adversos para la borraja (*Borago officinalis*), la uña de caballo (*Tussilago farfara*) y la consuelda (*Symphytum officinale*). *Fitoterapia*. 2020; 142, 104519. <https://acortar.link/i2dRK8>
15. Preedy V, Aceites esenciales en la conservación, el sabor y la seguridad de los alimentos, Academic Press-Elsevier, Ámsterdam. 2016; 932 . <https://acortar.link/uEglMO>
16. Hüsni K, Başer C, Demirci F, Chemistry of essential oils, en: Ralf Günter Berger (editor), Flavours and Fragrances, Chemistry, Bioprocessing and Sustainability, Springer-Verlag, Berlín, 2007; 43-86. <https://acortar.link/YJUAzv>
17. Arias-Rico J, Macías-León F, Alanís-García E, Cruz-Cansino N, Jaramillo-Morales O, Barrera-Gálvez R y Ramírez-Moreno E. Estudio de plantas comestibles: efectos de la ebullición sobre las propiedades nutricionales, antioxidantes y fisicoquímicas. *Comida*, 2020. 9(5); 599. <https://acortar.link/LjVyrk>
18. SAS/STAT 13.2 User's Guide The GLM Procedure. 2014. <https://acortar.link/7WJLMr>
19. Li S, Wang C, Tang X, Wang, X, Zhou X. Estudio sobre las propiedades físico-químicas y los componentes del aceite esencial de peonía extraído mediante diferentes métodos de extracción. *Food Ind*. 2015; 36: 170-174
20. Yu H, Mamá W, Liu Y, Li J, Liu J. Análisis de componentes volátiles en el aceite de esencia de peonía mediante cromatografía de gases en el espacio de cabeza: espectrometría de masas. *Ciencia de los alimentos*. 2015; 36: 167-171
21. Tibaldi G, Hazrati S, Hosseini S, Ertani A, Bulgari R, Nicola S. Las técnicas de cultivo y el proceso de secado pueden afectar la composición del aceite esencial de la inflorescencia de tres selecciones de *Salvia officinalis*. *Ind. Crops Prod*. 2022; 183: 114923
22. Li B, Zhang C, Peng L, Liang Z, Yan X, Zhu Y, Liu Y. Comparison of essential oil composition and phenolic acid content of selected *Salvia* species measured by GC-MS and HPLC methods. *Ind. Crops Prod*. 2015; 69: 329–334. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.047>
23. Verma, Sandeep, et al. Development of a rapid loop-mediated isothermal amplification assay for diagnosis and assessment of cure of Leishmania infection. *BMC Infectious Diseases* 17 (2017): 1-9. DOI: 10.1186/s12879-017-2318-8
24. Delamare P, Moschen-Pistorello I, Artico L, Atti-Serafini L, Echeverrigaray S. Antibacterial activity of the essential oils of *Salvia officinalis* L. and *Salvia triloba* L. against pathogenic bacteria. *Brazilian Journal of Microbiology*. 2007; 38(2): 237-241. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.078>
25. Guidi L, Landi M. Aromatic Plants: use and nutraceutical properties." *Novel Plant Bioresources: Applications in Food, Medicine and Cosmetics*. 2014: 303-345. https://www.researchgate.net/publication/258838875_Aromatic_plants_use_and_nutraceutical_properties_In_Novel_Plant_Bioresources_application_in_Food_Medicine_and_Cosmetics_Ameenah_Gurib-Fakim_Ed_Wiley_Blackwell

- 26.** European Medicines Agency. Public Statement on the Use of Herbal Medicinal Products Containing Pulegone and Menthofuran. European Medicines Agency: Amsterdam, The Netherlands. 2016; 44: 1–24. https://www.fitoterapia.net/archivos/201906/draft-european-union-herbal-monograph-mentha-x-piperita-l-aetheroleum-revision-1_en.pdf?1
- 27.** Li X, Shen D, Zang Q, Qiu Y, Yang X. Chemical Components and Antimicrobial Activities of Tea Tree Hydrosol and Their Correlation with Tea Tree Oil. *Nat. Prod. Commun.* 2021; 16:1934578X211038390. DOI: 10.1177/1934578X211038390
- 28.** Lei B, Zhang C, Peng L, Liang Z, Yan X, Zhu Y, Liu Y. Comparison of essential oil composition and phenolic acid content of selected *Salvia* species measured by GC-MS and HPLC methods. *Ind. Crops Prod.* 2015; 69: 329–334. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.047>
- 29.** Lei G, Li J, Zheng T, Yao J, Chen J, Duan L. Comparative chemical profiles of essential oils and hydrolate extracts from fresh flowers of eight *Paeonia suffruticosa* Andr. cultivars from Central China. *Molecules.* 2018; 23(12): 3268. <https://doi.org/10.3390/molecules23123268>
- 30.** Gonçalves S, Romano A. Aromatic oils from forest and their application. *Non-Timber Forest Products: Food, Healthcare and Industrial Applications.* 2021: 19-37. DOI:10.1007/978-3-030-73077-2_2
- 31.** Chanotiya C, et al. Radiocarbon (¹⁴C) accelerator mass spectrometry as a convenient tool for differentiation of flavor chemicals of synthetic origin from biobased sources and their in-vivo toxicity assessment. *Science of The Total Environment* 908. 2024: 168357. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168357>
- 32.** Ouakouak H, Chohra M, Denane M. Chemical Composition, Antioxidant Activities of the Essential Oil of *Mentha pulegium* L., South East of Algeria. *Int. Lett. Nat. Sci.* 2015, 39, 49–55. DOI:10.18052/www.scipress.com/ILNS.39.49
- 33.** Politi, M.; Menghini, L.; Conti, B.; Bedini, S.; Farina, P.; Cioni, P.L.; Braca, A.; De Leo, M. Reconsidering Hydrosols as Main Products of Aromatic Plants Manufactory: The Lavandin (*Lavandula × intermedia*) Case Study in Tuscany. *Molecules* 2020, 25, 2225.

hjkhj