

Composición química volátil de *Satureja brownei* (Sw.) Briq. colombiana y determinación de su actividad antioxidante

Volatile chemical composition of the Colombian *Satureja brownei* (Sw.) Briq. and determination of its antioxidant activity

Beatriz E. Jaramillo^I; Elena Stashenko^{II}; Jairo René Martínez^{III}

^IDoctora en Química. Campus de Zaragocilla. Programa de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia.

^{II}Doctora en Química. CENIVAM. Escuela de Química, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

^{III}Doctor en Química. CENIVAM. Escuela de Química, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: las plantas aromáticas son una fuente valiosa de aromatizantes y (o) principios activos en preparados farmacológicos, cosméticos, aditivos en alimentos, entre otros. *Satureja brownei* (Sw.) Briq., (Lamiaceae) se ha usado en la medicina popular como antigripal, digestiva y carminativa. Especies de *Satureja* de varios países han mostrado composición variable de su aceite esencial, particularmente, en sus hojas. Así, por la búsqueda de nuevos sabores y efectivos agentes antioxidantes se determinó la composición química volátil de *S. brownei* colombiana y su actividad antioxidante.

OBJETIVO: establecer la composición química volátil del aceite esencial, extractos y fracciones volátiles de hojas y tallos frescos *S. brownei* (Sw.) Briq., mediante diferentes técnicas de extracción y evaluar la actividad antioxidante de su aceite esencial.

MÉTODOS: se emplearon técnicas destilativas, extractivas y *headspace*, para aislar metabolitos secundarios volátiles de hojas y tallos frescos de *S. brownei*. La actividad antioxidante *in vitro* del aceite esencial obtenido fue evaluada al

determinar hexanal, el principal compuesto carbonílico, liberado por el ácido linoleico sujeto a peroxidación y por cuantificación de este ácido como su metiléster; con el uso de cromatografía de gases acoplada a detector de ionización en llama y de captura de electrones.

RESULTADOS: el principal compuesto encontrado en todos los extractos de *S. brownei*, fue la pulegona (54-71 %). El aceite esencial presentó actividad antioxidante, pero no más eficiente que la vitamina E y el butilhidroxianisol, ambos ampliamente utilizados como aditivos.

CONCLUSIONES: la caracterización completa de los metabolitos secundarios volátiles de una planta requiere el uso de varias técnicas de extracción. La actividad antioxidante *in vitro* de *S. brownei*, hace de esta planta aromática una fuente interesante de antioxidantes naturales y justifica una mayor investigación en el aislamiento de las fracciones y(o) los compuestos responsables de ella.

Palabras clave: *Satureja brownei* (Sw.) Briq., compuestos volátiles, cromatografía de gases, métodos de extracción, actividad antioxidante.

ABSTRACT

INTRODUCTION: the aromatic plants are a valuable source of flavoring and/or active principles in pharmacological preparations, cosmetic, food additives, etc. *Satureja brownie* (Sw.) Brig (Lamiaceae) has been used in the folk medicine as flu remedie, digestive and carminative. Species of *Satureja* from several countries have shown a variable composition of its essential oil, particularly, in their leaves. Thus, in search of new flavours and antioxidant and effective agents we determined the volatile chemical composition of Colombian *S. brownie* and its antioxidant activity.

OBJECTIVE: to establish the volatile chemical composition of essential oil, extracts, and volatile fractions of fresh leaves and stems of *S. brownie* (Sw.) Brig, by different extraction techniques and to assess the antioxidant activity of its essential oil.

METHODS: we used distillation, extraction and headspace techniques to isolate the volatile secondary metabolites from leaves and stems of *S. brownie*. The *in vitro* antioxidant activity of essential oil obtained was assessed by determination of hexanal, the main carbonyl compound, released by linoleic acid subject to peroxidation and by quantified method of this acid as its methyl ester using gas chromatography coupled to in flame ionization detector and of electron capture.

RESULTS: the main compound found in all extracts off *S. brownie* was the pulegona (54-71 %). The essential oil had antioxidant activity but not more efficient than the vitamin E and the butyl-hydroxianisol, both widely used as additives.

CONCLUSIONS: total characterization of volatile secondary metabolites of a plant requires the use of some extraction techniques. The *in vitro* antioxidant activity of *S. brownie* becomes interesting source of natural antioxidants and justifies a further research on fractions isolation and(or) compounds accounting for it.

Key words: *Satureja brownie* (Sw.) Brig, volatile compounds, gas chromatography, extraction methods, antioxidant activity.

INTRODUCCIÓN

Satureja brownei Briq., denominada también *Thymus brownei* Sw., *Clinopodium brownei* (Sw.) Kuntze, *Micromeria brownei* (Sw.) Benth, es una planta autóctona que pertenece a la familia Lamiaceae. Se distribuye desde el sur de los EE. UU. hasta Brasil y Paraguay. Se conoce popularmente como "poleo" y "ajedrea".^{1,2} Todas las especies de esta familia contienen aceite esencial, en particular, en sus hojas. Se usa como condimento, sobre todo de carnes; en la medicina popular se utiliza como antigripal, carminativo, efecto aperitivo, digestivo, colagogo, espasmolítico, expectorante, diurético, antiséptico, cicatrizante y repelente de insectos. Es una hierba semirrastrera, todas las especies de esta familia, en particular, sus hojas, contienen aceite esencial.^{1,2}

Por ser de origen natural, la composición química de las esencias varía mucho y depende de diferentes factores como el método y la duración de la extracción, la temperatura de este proceso, el estado y la procedencia de la planta, y las condiciones geobotánicas y agrícolas de su cultivo, entre otros.³⁻⁵ El valor económico y la aplicación industrial de las esencias están directamente relacionados con su composición química; la que, a su vez, determina todas las propiedades macroscópicas *e.g.* físico-químicas (olor, color, etc.) y la actividad biológica.^{6,7} Es por ello, que en esta investigación se emplearon y compararon varias técnicas destilativas y extractivas, como la hidrodestilación (HD), hidrodestilación asistida por la radiación de microondas (MWHD), destilación con vapor-extracción simultánea con solvente (SDE) y extracción con fluido supercrítico (SFE); además, para analizar la composición *per se* de la fragancia de las plantas se emplearon técnicas de *headspace*, dinámico (P&T), estático (S-HS) y la microextracción en fase sólida (SPME) en modo *headspace*.

Muchos aceites esenciales se utilizan en medicina tradicional, aromaterapia, industrias farmacéutica y cosmética no solo por sus fragancias, también por la actividad biológica (bactericida, fungicida, antiparasitaria, etc.) que pueden presentar, entre las cuales se destaca la actividad antioxidante.⁷⁻⁹ La última fue el objeto del presente estudio, se usó un sistema lipídico modelo, para medir el grado de protección, que proporcionan los componentes del aceite esencial de *S. brownei* contra la oxidación del ácido linoleico, acelerada por Fe²⁺ en presencia de O₂.

MÉTODOS

Material vegetal: el material vegetal de *S. brownei* (Sw.) Briq., fue recolectado en el área rural de la ciudad de Bucaramanga, departamento de Santander (Colombia). Se usaron solamente hojas y tallos frescos en las extracciones.

La identificación taxonómica se llevó a cabo en el Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia (Bogotá). Los pliegos testigos de cada planta quedaron depositados como muestra permanente en el Herbario Nacional Colombiano (COL 48751) y fue clasificada por el doctor *J. L. Fernández*.

Extracciones

Hidrodestilación (HD): se realizó con un equipo de destilación tipo *Clevenger*, según los procedimientos descritos.^{10,11} *Hidrodestilación asistida por radiación de microondas (MWHD)*: se realizó la misma técnica descrita para HD, pero, en vez de la manta de calentamiento, se usó un horno microondas.¹²⁻¹⁴

Destilación con vapor- extracción simultánea con solvente (SDE): se empleó un equipo a microescala para solventes de alta densidad.¹⁵ Se usaron 10 g del material vegetal, finamente picado; la duración de la extracción fue de 2 h, así como lo describen *Stashenko* y otros.¹²⁻¹⁸

Extracción con fluido supercrítico (SFE): se empleó un extractor *Soxhlet* de alta presión (J&W Scientific, Folsom, CA, EE. UU.) y se aplicó la metodología descrita por *Stashenko* y otros.^{18,19}

Para cada una de las extracciones se inyectó 1 µL de extracto al cromatógrafo gaseoso (GC).

Obtención de fracciones volátiles

Purga de espacio de cabeza con N₂ y trampa en solvente simultánea (P&T): se realizó en un equipo de extracción *headspace* dinámico similar al diseñado por *Umano* y *Shibamoto*.¹⁸

El procedimiento de extracción fue realizado de acuerdo con la metodología descrita por *Stashenko* y otros.²⁰ 1 µL del extracto final se inyectó al GC.

Headspace estático (S-HS): se utilizó un equipo *headspace sampler* HP 7694 (*Hewlett-Packard*, Palo Alto, CA, EE. UU.). Se emplearon los parámetros operacionales siguientes: temperatura del termostato 40 °C, tiempo de equilibrio de 15 min, temperaturas del *loop* y de la línea de transferencia se mantuvieron a 100 y 110 °C, respectivamente.

Se usaron 5 g de planta picada, colocada en un frasco de 20 mL; 1 mL de la fase vapor se inyectó a la columna cromatográfica.¹⁰⁻¹²

Microextracción en fase sólida de la fase vapor (headspace) (HS-SPME): se realizó mediante una fibra de polidimetilsiloxano (PDMS, 100 mm de espesor). Se llevó a cabo la extracción de volátiles a 22 ± 1 °C de la fase vapor de la planta picada (10 g), colocada en un frasco de 50 mL. El tiempo de exposición de la fibra fue de 60 min (la selección de este parámetro se basó en experimentos preliminares). Las sustancias extraídas fueron térmicamente desorbidas a 250 °C, durante 5 min, en un puerto de inyección del GC, mediante un *liner* especial para SPME, de volumen reducido.¹⁰⁻¹²

Determinación de la actividad antioxidante *in vitro*

Descripción general del sistema modelo lipídico: la oxidación de la emulsión del ácido linoleico fue inducida por iones Fe²⁺ en presencia de oxígeno, según la metodología descrita por *Tamura* y otros.²¹ El hexanal, producto final principal de la degradación oxidativa del ácido linoleico y marcador del avance del proceso de peroxidación,^{21,22} fue medido por 2 métodos independientes:

1. En solución, después de su derivación con PFPH (pentafluorfenilhidracina) y extracción líquido-líquido de la hidrazona, C₆-PFPH, con hexano, según la metodología descrita por *Stashenko* y otros.^{13,14}
2. En fase vapor, mediante la fibra SPME (PDMS/DVB, 65 µm), saturada previamente con PFPH a temperatura ambiente durante 40 min; y la extracción-derivación directa del hexanal sobre la fibra,²³ así como se describe en los trabajos de *Stashenko* y otros.^{24,25} Todas las mediciones se hicieron por triplicado; se determinaron parámetros estadísticos, como el promedio (X) y la desviación estándar (DE) de los valores obtenidos.

Análisis cromatográfico: el análisis cromatográfico de las muestras se realizó en un GC *Hewlett-Packard* (HP) 5890A *Series II*, equipado con un puerto de inyección *split/splitless* (250 °C, relación de *split* 1:30) y un detector de ionización en llama (FID) (250 °C). Los espectros de masas fueron obtenidos por impacto de electrones con energía de 70 eV, en un cromatógrafo de gases *Agilent Technologies* 6890 *Plus* acoplado a un detector selectivo de masas *Agilent Technologies* MSD 5973, equipado con un puerto de inyección *split/splitless* (250 °C, relación *split* de 1:30). Las condiciones cromatográficas usadas se realizaron de acuerdo con la metodología descrita por *Stashenko* y otros.^{13,14} Para la identificación de los compuestos se usaron algunos terpenos estándar, analizados bajo las mismas condiciones instrumentales que las muestras, espectros de masas e índices de retención de *Kovats* de componentes, que se compararon con los reportados en la literatura.²⁶⁻²⁸

La determinación del hexanal, en forma de su derivado hidrazónico, C₆-PFPH, se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases HP 5890 A *Series II*, equipado con un detector de captura de electrones (ECD), operado a 280 °C, con una mezcla metano:argón (10 %) como gas auxiliar, a la velocidad lineal de 60 mL min⁻¹; con una columna capilar HP-5 de 30 m x 0,25 mm, DI x 0,25 µm, d_f, con fase estacionaria de 5 %-fenil-poli(metilsiloxano) y un puerto de inyección *split/splitless* (250 °C, relación *split* 1:10). Se usó helio (99,995 %, *Aga-Fano* S.A.), con una presión de entrada en la cabeza de la columna de 200 kPa y una velocidad lineal de 26 cm.s⁻¹.

RESULTADOS

En la [figura](#) se muestra un perfil cromatográfico de metabolitos secundarios volátiles y semivolátiles del aceite esencial de *S. brownei*, obtenido por HD.

Como se puede apreciar en la [tabla 1](#), se encontraron 23, 26, 25 y 33 metabolitos secundarios en los aceites esenciales y extractos de *S. brownei* en concentraciones superiores a 0,1 % aislados por las técnicas HD, MWHD, SDE y SFE, respectivamente.

Tabla 1. Composición química de los metabolitos secundarios volátiles de *Satureja brownei* (Sw.) Briq., obtenidos por diferentes técnicas de extracción

Pico No. ^a	Compuesto	Tipo	I _k ^b		Cantidad r	
			HP-5	Innowax	HD	MWHD
1	α-tuyeno	M	928	1 032	0,10 ± 0,04	0,10 ± 0,02

2	α -pineno*	M	937	1 040	$0,57 \pm 0,04$	$0,21 \pm 0,01$	
3	Sabineno*	M	976	1 128	$0,3 \pm 0,1$	<i>tr</i>	
4	<i>trans-p</i> -mentano	M	978	1 038	<i>tr</i>	<i>tr</i>	
5	β -pineno*	M	982	1 123	$0,90 \pm 0,01$	$0,66 \pm 0,02$	
6	3-octanona	HO	985	1 310	$0,60 \pm 0,01$	$0,50 \pm 0,01$	
7	β -mirceno*	M	990	1 154	$0,50 \pm 0,04$	$0,20 \pm 0,01$	
8	3-octanol	HO	995	1 515	$0,10 \pm 0,01$	$0,74 \pm 0,03$	
9	<i>p</i> -menta-1(7), 8-dieno	M	1 007	1 186	<i>tr</i>	$0,10 \pm 0,01$	
10	Limoneno*	M	1 032	1 210	$0,8 \pm 0,1$	$0,50 \pm 0,02$	
11	β -felandreno	M	1 035	1 218	$0,11 \pm 0,02$	<i>tr</i>	
12	1,8-cineol*	MO	1 037	1 230	$0,10 \pm 0,05$	<i>tr</i>	
13	Linalool*	MO	1 099	1 504	$0,10 \pm 0,01$	$0,20 \pm 0,02$	
14	Mentona	MO	1 164	1 470	$16,2 \pm 0,3$	$17,7 \pm 0,5$	
15	Isomentona	MO	1 171	1 465	$2,5 \pm 0,3$	$5,1 \pm 0,2$	
16	Isomentol	MO	1 181	1 662	$1,6 \pm 0,5$	$2,1 \pm 0,2$	
17	α -terpineol*	MO	1 186	1 657	$0,99 \pm 0,02$	$1,3 \pm 0,2$	
18	Piperitol	MO	1 201	1 660	$0,1 \pm 0,1$	$0,10 \pm 0,06$	
19	Pulegona*	MO	1 235	1 663	71 ± 2	$65,5 \pm 0,9$	
20	Piperitona	MO	1 261	1 740	$0,12 \pm 0,01$	$0,30 \pm 0,01$	
21	Timol	MO	1 289	2 105	$0,11 \pm 0,01$	$0,35 \pm 0,1$	
22	<i>p</i> -menten-9-ol*	MO	1 292	1 736	<i>tr</i>	<i>tr</i>	
23	Acetato de mentilo	MO	1 294	1 543	<i>tr</i>	$0,22 \pm 0,02$	
24	Carvacrol	MO	1 298	2 161	$0,09 \pm 0,03$	<i>tr</i>	
25	Acetato de terpinilo	MO	1 346	1 689	<i>tr</i>	<i>tr</i>	
26	<i>trans</i> - β -cariofileno*	S	1 402	1 612	$2,10 \pm 0,05$	$2,20 \pm 0,04$	
27	Geranil acetona	MO	1 447	1 655	$0,52 \pm 0,01$	$0,58 \pm 0,01$	
28	α -humuleno	S	1 450	1 669	<i>tr</i>	$0,10 \pm 0,03$	
29	<i>allo</i> -aromadendreno	S	1 469	1 680	<i>tr</i>	$0,10 \pm 0,01$	
30	β -selineno	S	1 481	1 729	$0,26 \pm 0,05$	$0,72 \pm 0,03$	
31	γ -cadineno	S	1 512	1 770	<i>tr</i>	$0,12 \pm 0,01$	
32	Óxido de cariofileno	SO	1 598	2 004	<i>tr</i>	$0,3 \pm 0,1$	
33	NI		-	-	<i>tr</i>	<i>tr</i>	
34	NI		-	-	<i>tr</i>	$0,1 \pm 0,1$	
	HO: hidrocarburos oxigenados					$0,70 \pm 0,02$	$1,2 \pm 0,1$
	M: monoterpenos					$3,3 \pm 0,5$	$2,6 \pm 0,1$
	MT: monoterpenonas					90 ± 2	89 ± 1
	MO: monoterpenos oxigenados					$3,60 \pm 0,02$	$4,3 \pm 0,9$

S: sesquiterpenos		2,3 ± 0,05	3,20 ± 0,04
SO: sesquiterpenos oxigenados		-	0,4 ± 0,2

HD: hidrodestilación; MWHD: hidrodestilación asistida por la radiación de microondas; SDE: destilación con vapor-extracción simultánea con solvente; SFE: extracción con fluido supercrítico; P&T: técnicas de *headspace* dinámico; S-HS: técnicas de *headspace* estático; SPME: microextracción en fase sólida; a: número del pico en la figura 1; b: índice de Kovats determinados experimentalmente en las columnas HP-5 e Innowax; c: porcentajes calculados sobre la base de las áreas de los picos, promedio de 3 extracciones; *: identificado por espectrometría de masas usando compuesto estándar; NI: no identificado; tr: trazas.

Los aceites esenciales obtenidos por HD y MWHD, contenían 23 y 26 compuestos; con un rendimiento de 0,35 y 0,27 %, respectivamente; la gran ventaja que presentó la extracción por MWHD resultó en un menor tiempo de destilación (30 min), en comparación con el requerido por HD (2 h), para obtener la misma cantidad de esencia.

El principal compuesto encontrado en todos los extractos de *S. brownei* fue la pulegona (54-71 %), identificada por comparación de su espectro de masas con el del compuesto patrón. Otros compuestos encontrados en alta proporción fueron mentona (16 -32 %), isomentona (3-5 %), isomentol (ca. 2 %) y *trans*- β -cariofileno (2-3 %).

Los extractos de HD, MWHD, SDE y SFE fueron constituidos por hidrocarburos oxigenados (0,7-1,3 %), monoterpenos, C₁₀H₁₆, (2-4 %); monoterpenos oxigenados (91-95 %), sesquiterpenos, C₁₅H₂₄ (2-4 %) y sesquiterpenos oxigenados (< 0,5 %).

En la tabla 1 se muestra también la composición química de las fracciones volátiles aisladas de las hojas y tallos frescos de *S. brownei* (Sw.) Briq., mediante las técnicas de *headspace* (P&T, S-HS, HS-SPME). En ellas, 11, 13 y 15 metabolitos secundarios volátiles fueron detectados en concentraciones superiores a 0,1 %. Los compuestos fueron α -pineno (0,9-9 %), sabineno (<1 %), β -pineno (1-8 %), limoneno (1-2 %), mentona (26-54 %) isomentona (3-25 %), pulegona (7-42 %) y *trans*- β -cariofileno (0,9-3 %).

En la [tabla 1](#) se aprecia que las monoterpenonas resultaron los compuestos predominantes en todos los extractos.

En la [tabla 2](#) se reportan las mediciones del hexanal en la fase vapor y en la emulsión del ácido linoleico (disminución relativa de este respecto al blanco), junto con el porcentaje del ácido sin oxidar, el efecto protector del aceite esencial de *S. brownei* se incrementa con el aumento de su concentración en el sistema a las concentraciones de 2,5-10 g/L hasta un máximo de 53 %, pero no es más eficiente que la de vitamina E y butilhidroxianisol, ambos ampliamente utilizados como aditivos.

DISCUSIÓN

Varias investigaciones han mostrado la variabilidad composicional del aceite esencial de esta especie. *Rojas* y otros²⁹ analizaron el aceite esencial de *S. brownei* de Venezuela, reportaron un rendimiento de 0,12 % del aceite esencial y como compuestos mayoritarios la pulegona (64,3 %), mentona (20,2 %), isomentona (3,4 %) e isopulegona (2,4 %). *Pino* y otros³⁰ estudiaron el aceite esencial de *S. brownei* cubana, en este, la pulegona (54,6 %) y la mentona (32,9 %) fueron los compuestos mayoritarios obtenidos. El principal compuesto encontrado en el aceite esencial de *S. parvifolia*, procedente de Argentina³¹ fue el óxido de piperitona (69,8 %), los de *S. boliviana*, también de Argentina³¹, fueron γ -terpineno (15,4 %), *trans*- β -cariofileno (10,2 %), germacreno D (8,9 %) y biciclogermacreno (8,3 %). Mientras que para otras especies peruanas como la *S. boliviana* y *S. breviculix*, los compuestos mayoritarios fueron la mentona (24 y 36 %) e isomentona (30 y 25 %), respectivamente.³²

Existen diferentes mecanismos por los que se da la actividad antioxidante: atrapamiento de radicales (*scavenging*), la interrupción de la reacción en cadena de la peroxidación, la formación de quelatos de iones metálicos, aceleradores de la reacción, entre otros.^{12,33-37}

La acción protectora del *S. brownei* se puede explicar sobre la base en la naturaleza química de los componentes presentes en él. Como ya se mencionó, generalmente, la protección de un sustrato contra el deterioro oxidativo, se atribuye a la presencia de compuestos fenólicos. Sin embargo, teniendo en cuenta que en este caso, fenoles como el eugenol y el timol se encuentran en cantidades muy bajas, y que los compuestos mayoritarios son hidrocarburos monoterpénicos y sesquiterpénicos; se puede suponer que estos también pueden actuar como "antioxidantes", aunque por mecanismos distintos a los que operan los compuestos fenólicos.

En resumen, la actividad antioxidante del aceite esencial de *S. brownei*, se debe a que los terpenos presentes en ellos, se oxidan más rápidamente que el ácido linoleico, es decir, "se sacrifican" primero, de esta manera "protegiendo" el sustrato lipídico.

AGRADECIMIENTOS

Al Grupo de Investigaciones Agroquímicas de la Universidad de Cartagena y CENIVAM de la Universidad Industrial de Santander.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. García H. Flora medicinal de Colombia: Botánica médica. Tomo III. 2da ed. Bogotá (Colombia): Tercer Mundo Editores; 1992. p. 37.
2. Correa JE, Bernal HY. Especies vegetales promisorias de los países del Convenio Andrés Bello. Tomo X (*Labiatae*)., Bogotá (Colombia): Editorial Guadalupe; 1989. p. 179-83.

3. Oke F, Aslim B, Ozturk S, Altundag S. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten. Food Chem. 2009;112 (4):874-9.
4. Æavar S, Maksimoviæ M, Šoliæ M, Jerkoviæ-Mujkiæ A, Bešta R. Chemical composition and antioxidant and antimicrobial activity of two *Satureja* essential oils. Food Chem. 2008;111(3):648-53.
5. Razzaghi-Abyaneh M, Shams-Ghahfarokhi M, Yoshinari T, Bagher Rezaee M, Jaimand K, Nagasawa H, et al. Inhibitory effects of *Satureja hortensis* L. essential oil on growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*. Intern. J Food Microbiol. 2008;123 (3):228-33.
6. Bandoni A. Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica. CYTED. La Plata (Argentina): Editorial de la Universidad de La Plata; 2000. p. 410.
7. Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. Biological effects of essential oils. A review. Food Chem Toxicol. 2008;46 (2):446-75.
8. Aburjarai T, Natsheh FM. Plants used in cosmetics. Phytotherapy Res. 2003;17(9):987-1000.
9. Tiziana Barata M, Damien HJ, Deans SG, Fiquereido AC, Barroso JG, Ruberto G. Antimicrobial and antioxidant properties of some comercial essential oils. Flavour Fragr J. 1998;13:235-44.
10. Stashenko EE, Martínez JR, Macku C, Shibamoto T. HRGC and GC-MS analysis of essential oil from Colombian ylang-ylang (*Cananga odorata* Hook Fil. Et Thomson, forma genuine). J High Resol Chromatogr. 1993;16:441-4.
11. Combariza MY, Blanco C, Stashenko EE, Shibamoto T. Limonene concentration in lemon (*Citrus volcameriana*) peel oil as a function of ripeness. J High Resol Chromatogr. 1994;17:643-6.
12. Stashenko EE, Jaramillo BE, Martínez JR. Comparación de la composición química y de la actividad antioxidante *in vitro* de los metabolitos secundarios volátiles de plantas de la familia Verbenaceae. Rev Acad Colomb Cienc. 2003;27(105):579-97.
13. Stashenko EE, Jaramillo BE, Martínez JR. Comparison of different extraction methods for the analysis of volatile secondary metabolites of *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown, grown in Colombia, and evaluation of its *in vitro* antioxidant activity. J Chromatogr A. 2004;1025:93-103.
14. Stashenko EE, Jaramillo BE, Martínez JR. Analysis of volatile secondary metabolites from Colombian *Xylopiã aromatica* (Lamarck) by different extractive and headspace methods and gas chromatography. J Chromatogr A. 2004;1025:105-13.
15. Godefroot M, Sandra P, Versale M. New method for quantitative essential oil analysis. J Chromatogr A. 1981;203:325-35.
16. Stashenko EE, Quiroz N, Martínez JR. HRGC/FID/NPD and HRGC/MSD study of Colombian ylang-ylang (*Cananga odorata*) oils obtained by different extraction techniques. J High Resol Chromatogr. 1996;19:359-62.

17. Stashenko EE, Cervantes M, Combariza Y, Fuentes H, Martínez JR. HRGC/FID and HRGC/MSD Analysis of the secondary metabolites obtained by different extraction methods from *Lepechinia schiedeana*, and *in vitro* evaluation of its antioxidant activity. J High Resol Chromatogr. 1999;22: 343-9.
18. Stashenko EE, Acosta R, Martinez JR. High resolution gas chromatographic analysis of the secondary metabolites obtained by subcritical fluid extraction from Colombian rue (*Ruta graveolens* L.). J Biochem Biophys Methods. 2000;43: 379-90.
19. Stashenko EE, Puertas MA, Combariza MY. Volatile secondary metabolites from *Spilanthes americana* obtained by simultaneous steam distillation-solvent extraction and supercritical fluid extraction». J Chromatogr A. 1996;752:223-32.
20. Stashenko EE, Macku C, Shibamoto T. Monitoring volatile chemicals formed from must during yeast fermentation. J Agric Food Chem. 1992;40:2257-9.
21. Tamura H, Yamagami A. «Antioxidant activity of monoacylated anthocyanins isolated from Muscat Bailey a grape». J Agric Food Chem. 1994;42:1612-5.
22. García-Llatas G, Lagarda MJ, Romero F, Abellán P, Farré R. A headspace solid-phase microextraction method of use in monitoring hexanal and pentane during storage: Application to liquid infant foods and powdered infant formulas. Food Chem. 2007;101(3):1078-86.
23. Gioti Eleni M, Fiamegos Yiannis C, Skalkos Dimitris C, Stalikas Constantine D. Improved method for the *in vitro* assessment of antioxidant activity of plant extracts by headspace solid-phase microextraction and gas chromatographyelectron capture detection. J Chromatogr A. 2007;1152(1-2): 150-5.
24. Stashenko EE, Puertas MA, Salgar W, Delgado W, Martínez JR. Solid-phase microextraction with on fibre derivatisation applied to the analysis of volatile carbonyl compounds. J Chromatogr A. 2000;886:175-81.
25. Stashenko EE, Puertas MA, Martínez JR. SPME determination of volatile aldehydes for evaluation of *in vitro* antioxidant activity. Anal Bioanal Chem. 2002;373:70-4.
26. Davies NW. Gas chromatography retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and carbowax 20M phases. J Chromatogr A. 1990;503:1-24.
27. Adams RP. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. Carol Stream (Illinois): Allured Publishing Corporation; 1995. p. 469.
28. Joulain D, König W. The atlas of spectral data of sesquiterpene hydrocarbons. Hamburg: E.B.-Verlag; 1998. p. 658
29. Rojas LB, Usubillaga A. Composition of the Essential Oil of *Satureja brownei* (Sw.) Briq. from Venezuela. Flavour Fragr J. 2000;15:21-2.
30. Pino J, Estarron M, Fuentes V. Essential Oil of *Satureja brownei* grown in Cuba. J Essent.Oil Res. 1997;9:595-6.

31. Viturro CI, Molina A, Guy I, Charles B, Guinaudeau H, Fournet A. Essential oils of *Satureja boliviana* and *S. parvifolia* growing in the region of Jujuy, Argentina. *Flavour Fragr J.* 2000;15:377-82.
32. Senatore F, Urrunaga S, Urrunaga R, Della Port G, De Feo V. Essential oils from two Peruvian *Satureja* species. *Flavour Fragr J.* 1998;13:1-4.
33. Foti MC, Ingold KU. Mechanism of inhibition of lipid peroxidation by g-terpinene, an unusual and potentially useful hydrocarbon antioxidant. *J Agric Food Chem.* 2003;51:2758-65.
34. Damien-Dorman HJ, Surai P, Deans SG. *In vitro* antioxidant activity of a number of plant essential oils and phytoconstituents. *J Essent Oil Res.* 2000;12:241-8.
35. Ruberto G, Baratta MT. Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems. *Food Chem.* 2000;69:167-74.
36. Rontani JF, Nassiry M, Mouzdahir A. Free radical oxidation (autoxidation) of α -tocopherol (vitamin E): A potential source of 4, 8, 12, 16-tetramethylheptadecan-4-olide in the environment. *Organic Geochem.* 2007;38(1):37-47.
37. Roginsky V, Lissi EA. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. *Food Chem.* 2005;92(2):235-54.

Recibido: 10 de diciembre de 2009.

Aprobado: 30 de enero de 2010.

Dra. *Beatriz E. Jaramillo*. Campus de Zaragocilla, Programa de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia.
Telefax: 57-5-6698180. Correo electrónico: beatrizjaramillo@yahoo.com

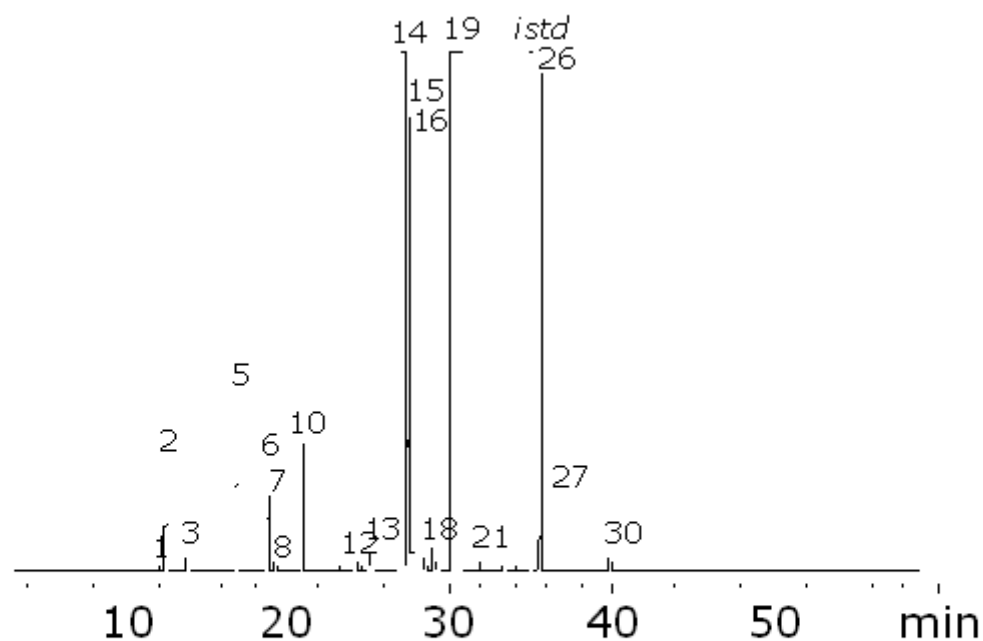


Fig. Perfil cromatográfico del aceite esencial de *Satureja brownei*, obtenido por hidrodestilación. Columna HP-5 (30 m), *istd* = *n*-tetradecano, *split* 1:30, FID. En la tabla 1 aparece la respectiva identificación de los picos cromatográficos.

Tabla 2. Efecto protector del aceite esencial de *Satureja brownei*, la vitamina E y el butilhidroxianisol, contra la oxidación del ácido linoleico en emulsión, inducida por Fe^{2+} en la presencia de oxígeno

Antioxidante g/L	Efecto protector		
	<i>Satureja brownei</i>	Vitamina E	Butilhidroxianisol
% de disminución del hexanal en la fase vapor de la emulsión			
1,0	27,5 ± 0,1	34,0 ± 0,5	39 ± 6
2,5	33 ± 3	46,0 ± 0,5	56 ± 2
5	42 ± 4	57,0 ± 0,6	51 ± 2
10	34 ± 1	62,4 ± 0,8	69 ± 2
% de disminución del hexanal en la emulsión			
1,0	14 ± 5	36,1 ± 0,1	72 ± 1
2,5	30,8 ± 5	56 ± 0,5	73 ± 3
5	35 ± 4	64,4 ± 0,4	75,1 ± 0,8
10	45 ± 5	75,9 ± 0,9	76 ± 1
% del ácido linoleico remanente sin oxidar			
1,0	50,1 ± 0,7	23 ± 2	36,7 ± 0,9
2,5	53 ± 3	42,2 ± 0,8	38,6 ± 2
5	49 ± 1	55 ± 2	55,3 ± 0,7
10	43 ± 4	85 ± 3	63 ± 3