



Propiedades del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y sus aplicaciones en alimentos

G. A. Cardoso-Ugarte* y M. E. Sosa-Morales

*Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Fundación Universidad de las Américas Puebla.
Exhacienda Sta. Catarina Mártir S/N, Puebla. C.P.72810. México.*

Resumen

Debido a sus múltiples propiedades, el aceite esencial de albahaca ha sido ampliamente utilizado a nivel mundial a lo largo de la historia. Sus usos más comunes se han dirigido a la industria farmacéutica, perfumería, medicina tradicional y como saborizante y aromatizante en el ámbito culinario. Sin embargo, enfocado a la industria alimenticia, los compuestos presentes en el aceite esencial han demostrado poseer propiedades de inhibición en el crecimiento fúngico y bacteriano, capacidad insecticida y reducción de la oxidación lipídica. Tales características lo convierten en un potencial aditivo alimenticio, que de ser implementado puede brindar beneficios funcionales, aumentando la vida de anaquel del producto y reduciendo las reacciones indeseables ocasionadas por el deterioro de lípidos. En este trabajo se presenta una recopilación bibliográfica de los diversos potenciales del aceite esencial de albahaca aplicados a la industria alimenticia.

Palabras clave: albahaca, aceite esencial, antioxidante, antifúngico, antibacteriano, insecticida.

Abstract

Due to its multiple properties, basil essential oil has been widely used all over the world along human history. Its most common uses have been conducted to pharmaceuticals, perfumery, alternative medicine and as a flavoring ingredient in the culinary area. However, focused on the food industry, the composition of its essential oil has shown inactivation of both fungi and bacteria, insecticidal activity, and the reduction of lipid oxidation. These features make the basil essential oil a potential food additive that if it is added, it may confer functional benefits by increasing the product shelf life and reducing the undesirable reactions due to lipid oxidation. A review of basil essential oil potential uses applied to the food industry is presented in this paper.

Keywords: basil, essential oil, antioxidant activity, antifungal, antibacterial, insecticidal activity.

*Programa de Maestría en Ciencia de Alimentos
Tel.: +52 222 229 2126, fax: +52 222 229 2727
Dirección electrónica: gabriel.cardosoue@udlap.mx

Introducción

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) perteneciente a la familia *Lamiaceae*, es una hierba aromática que se produce en todo el mundo, se cree que su origen se dio en la India e Irán, y después fue introducida en Europa durante el siglo XII, tradicionalmente, la albahaca ha sido ampliamente utilizada en alimentos como un agente saborizante, así como en perfumería e industrias farmacéuticas (Ijaz *et al.*, 2008). De igual manera, en la medicina tradicional sus hojas y flores han sido empleadas como remedio de algunas enfermedades digestivas (Politeo *et al.*, 2007; Ebrahim, 2006) y respiratorias (Simon *et al.*, 1999). Por otra parte, es fuente de compuestos aromáticos y aceites esenciales con constituyentes biológicos que poseen propiedades insecticidas, nematocidas, fungistáticas y antimicrobianas (Politeo *et al.*, 2007). Asimismo, sus compuestos fenólicos y flavonoides han mostrado ser potentes antioxidantes (Ijaz *et al.*, 2008), capturadores de radicales libres y quelantes de metales (Jayasinghe *et al.*, 2003).

Debido a la necesidad actual de crear alimentos seguros y funcionales de origen natural, el aceite esencial de albahaca tiene un amplio potencial de utilización como aditivo en alimentos, aportando funcionalidades y beneficios al producto final. Por lo anterior, el objetivo de la presente revisión es mostrar las aplicaciones del aceite esencial de albahaca en cuanto a sus propiedades antioxidantes, bactericidas, fungicidas e insecticidas dentro del área de alimentos, reportadas en investigaciones científicas.

Revisión bibliográfica

1. Aspectos generales de la albahaca

El género *Ocimum* comprende más de 150 especies y es considerado uno de los géneros más grandes de la familia *Lamiaceae*, la albahaca (*Ocimum basilicum* L.), miembro de esta familia, es una hierba anual que crece en muchas regiones alrededor del mundo, cuyo origen se cree que fue en la India, introduciéndose en Europa hacia el siglo XII (Wogiatzi *et al.*, 2011). Existe un gran número de variedades de albahaca que varían en color de hoja (verde o morada) y en aroma; es una hierba de 20 a 60 cm de largo y sus flores son de colores blanco y morado (Ebrahim, 2006). Telci *et al.* (2006) reportan una clasificación basada en su producción geográfica, en la cual mencionan los tipos Europeo (Italia, Francia, Bulgaria, Egipto y Sudáfrica), Tropical (India, Pakistán y Guatemala), Reunion (Tailandia, Madagascar y Vietnam) y Norteamericano.

La planta ha sido utilizada en alimentos y productos de higiene bucal; asimismo, se han reportado sus actividades antivirales y antimicrobianas (Ebrahim, 2006). Sus hojas han sido utilizadas en el área farmacéutica como diurético debido a sus propiedades estimulantes y en perfumería (Chalchat y Musa, 2008). Es muy utilizada en medicina tradicional para efectos terapéuticos con diferentes funciones particularmente digestivas (Politeo *et al.*, 2007), como carminativo (Ebrahim, 2006) y en la eliminación de lombrices estomacales e intestinales (Lee *et al.*, 2005). Se ha reportado que las hojas contienen propiedades tónicas, antisépticas e insecticidas; asimismo, es sabido que sus hojas y flores pueden ser utilizadas para el tratamiento de tos y dolor (Gülcin *et al.* 2007), así como para tratar la dispepsia, constipación, mal funcionamiento de riñones (Lee *et al.*, 2005) y como agente galactogogo y antiespasmódico (Ebrahim, 2006).

Como hierba culinaria tiene una larga historia, gracias a que aporta un sabor distinto a los alimentos (Politeo *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2005). Es una de las especias más utilizadas como sazón ya sea en estado fresco o seco, y es ampliamente utilizada en la cocina Mediterránea en productos de tomate, vegetales, ensaladas, pizzas, carnes, sopas y mariscos (Chang *et al.*, 2008). Se utiliza también en productos de confitería y de horneado y como condimento en productos tales como: embutidos, aderezos para ensaladas, bebidas no alcohólicas, helados, pasta de tomate, salsas, encurtidos y vinagres (Labra, 2004)

2. Aceite esencial de albahaca

El género *Ocimum* spp., contiene una amplia variedad de aceites esenciales ricos en compuestos fenólicos y una amplia gama de productos naturales entre los que se encuentran polifenoles tales como flavonoides y antocianinas. La composición química del aceite esencial de albahaca ha sido ampliamente estudiada, mostrando una gran variedad de compuestos y diferentes quimiotipos (Rattanachaikunsopon y Phumkhachorn, 2010). El aceite esencial de albahaca ha demostrado tener constituyentes biológicamente activos que actúan como insecticidas, nematocidas, fungistáticos y antimicrobianos; asimismo, es utilizado como saborizante en alimentos, como ingrediente activo en productos dentales y orales, en fragancias y en medicinas. (Simon *et al.* 1999). En la industria farmacéutica ha sido utilizado debido a su actividad antimicrobiana y a sus propiedades antioxidantes (Javanmardi *et al.*, 2002).

2.1. Composición química

Las propiedades y usos que se le han dado al aceite esencial de albahaca pueden ser atribuidos a sus componentes mayoritarios tales como metilchavicol, eugenol, linalol,

alcanfor y metilcinamato. En 1999, Simon *et al.* describieron los componentes mayoritarios de 6 tipos de aceites esenciales comercializados, cada uno derivado de diferentes cultivos y quimiotipos. El aceite esencial de albahaca tipo Europeo es considerado como el de más alta calidad y el cual produce el más fino olor, contiene linalol y metilchavicol como componentes principales, y en porcentajes más bajos, 1,8-cineol, alfa-pineno, β -pineno, mirceno, ocimeno, terpinoleno, alcanfor, terpineno-4-ol, alfa-terpineol, eugenol y sesquiterpenos; el aceite esencial de la variedad Egipcia es similar al de la variedad Europea en cuanto a su composición, con la excepción de que la concentración de linalol es considerablemente más baja, mientras que la de metilchavicol es más alta; en contraste, el aceite esencial de la variedad Reunion contiene un bajo porcentaje de linalol y es un aceite más áspero y picoso, debido a su alta concentración de metilchavicol y un menor contenido de 1,8.cineol, borneol, alcanfor y eugenol; finalmente, los aceites esenciales de las variedades Bulgaria y Java son ricos en metilcinamato y eugenol respectivamente.

El aceite esencial de albahaca tiene una gran variedad de compuestos químicos, los cuales afectan su quimiotipo, color de las hojas y flores, aroma y origen (Da-Silva *et al.*, 2003). Ijaz *et al.* (2008) llevaron a cabo un estudio en el cual demostraron que así como la composición química del aceite esencial de albahaca varía según las hojas, flores y su origen, el periodo de siembra y cosecha de la planta también influye de manera significativa en la composición del aceite esencial. Sin embargo, de manera general, sus principales componentes son monoterpenos y fenilpropanoides (Labra *et al.*, 2004), monoterpenos oxigenados (Telci *et al.*, 2006; Bozin *et al.*, 2006), hidrocarburos monoterpenos, hidrocarburos monoterpenos aromáticos y oxigenados, hidrocarburos

sesquiterpenos, sesquiterpenos oxigenados y compuestos alifáticos (Bozin *et al.*, 2006).

En la Tabla I se muestran los compuestos químicos encontrados en investigaciones recientes, en las cuales se evaluaron cuatro tipos de albahaca originarias de diferentes países. Al analizar la Tabla, se encontró que sólo el cariofileno está presente en todas las especies. Por otro lado, se encontró que los compuestos presentes en la mayoría de las especies son: 1,8-cineol, 1-octen-3-ol, 6-metil-5-heptan-2-uno, alcanfor, fenchona, linalol, metilchavicol ó estragol, neral, óxido de cariofileno, α -bergamoteno, α -bisaboleno y α -humuleno; en total, fueron identificados 55 compuestos, y en todos los casos los aceites esenciales fueron extraídos mediante hidrodestilación.

2.2. Propiedades físicas

A pesar de que el estudio de la composición química y las diversas propiedades que posee el aceite esencial de albahaca han sido ampliamente reportados, pocas son las investigaciones que describen las propiedades físicas de su aceite esencial.

Ijaz *et al.* (2008) llevaron a cabo un estudio de aceites esenciales de albahaca cultivada en diferentes épocas del año, y describieron algunas propiedades físicas de cada uno de ellos, las cuales son mostradas en la Tabla II. El índice de refracción (25°C) se encontró entre 1.4995 ± 0.002 y 1.5045 ± 0.003 , la densidad (25°C) fue reportada en el rango de 0.95 ± 0.02 y 0.97 ± 0.02 g/mL, mientras que el rendimiento fue de 0.5 a 0.8%. De manera general, el índice de refracción y la densidad no variaron en cuanto a la época del año, sin embargo, en el rendimiento se pudo observar una notable diferencia entre lo obtenido en invierno y en verano.

Por otra parte, Mohammad-Taghi y Karamatollah (2008) reportaron la densidad e

índice de refracción del aceite esencial de albahaca extraído por hidrodestilación y extracción asistida por microondas; la densidad reportada fue de 0.918 y 0.924 g/mL respectivamente, mientras que el índice de refracción fue de 1.5030 en ambos casos, concluyendo que las propiedades físicas del aceite esencial de albahaca no se ven modificadas por el método de extracción, al menos para los dos métodos empleados en dicho estudio.

3. Aplicaciones en alimentos

3.1. Capacidad antioxidante

Los antioxidantes han sido ampliamente utilizados como aditivos en alimentos para disminuir su oxidación. Asimismo, cumplen un rol importante en la prevención de enfermedades y envejecimiento, ya que están estrechamente relacionados con la peroxidación de lípidos (Noguchi y Niki, 1999).

La función tradicional de los antioxidantes ha sido un punto importante cuyo interés ha ido aumentando dentro de los procesos de elaboración y transformación de los alimentos. Como su nombre lo indica, actúan como inhibidores o reductores del desarrollo de rancidez oxidativa en alimentos con alto contenido en grasas, particularmente en carnes, lácteos y alimentos fritos. Los antioxidantes sintéticos más utilizados en alimentos, butilhidroxitolueno (BHT) y butilhidroxianisol (BHA), son altamente efectivos en su rol como antioxidantes, sin embargo, su uso ha ido disminuyendo debido a su inestabilidad así como a su posible acción carcinógena (Politeo *et al.*, 2007). Por tal situación, existe un creciente interés en el estudio de aditivos naturales con potencial antioxidante (Tomaino *et al.*, 2005).

Debido a su mecanismo de acción, el aceite esencial de albahaca es clasificado como

Tabla I. Comparación de la composición química del aceite esencial de albahaca de diferentes variedades.

Compuesto químico	Ebrahim (2006)		Bozin <i>et al.</i> , (2006)		Carovic <i>et al.</i> , (2010)	Politeo <i>et al.</i> , (2007)
	Verde	Morada	Verde		Verde	Verde
	País	Irán	Serbia y Montenegro		Alemania	Croacia
1,10-di-epi-cubenol		0.5				
1,8-cineol		2.4	3.4			4.01
1-octen-3-ol	0.3	0.4	0.1			
3-dodecanona			0.2			
6-metil-5-heptan-2-uno	0.4	0.4			1.25	
aromadendreno			0.3			0.1
biciclogermacreno		0.9				
calameneno						0.2
camfeno			0.1			
alcanfor		0.6	0.3			0.5
cariofileno	1.6	1.2	4.5		1.96	0.3
carvacrol			0.3			
citronelol					0.25	
E-isolimoneno			2.01			
E-pinano			0.2			
epi- α -cadinol		5.9				
epóxido humuleno II	1.8	0.3				
espathulenol		0.9				
estragol						
eugenol					0.57	5.9
fenchona	0.3	0.3			0.9	
geranial	27.6				28.58	
germacreno-A		0.7				
germacreno-D		1.8				0.3
limoneno			1.9			0.1
Linalol		20.1	24.2		12.15	28.6
mentona			0.6			
metil cinamato						1.6
Metil chavicol (estragol)			45.8		0.65	21.7
metil eugenol						3.1
neral	18.5	1.2			7.15	
neril acetato					1.06	
octanol					0.31	
óxido cariofileno	5.4	1.4	0.1		7.12	
sabineno			0.1			
terpineno-4-ol		0.8				0.7
α -amorfeno						1.01
α -bergamoteno	0.8	5.2			7.96	2.2
α -bisaboleno	1.1	1.1			2.04	
α -cadinol						7.1
α -copaeno			0.3			
α -farnesano					1.52	
α -guaieno			0.7			
α -humuleno	1.1	0.5	0.6			0.2
α -pineno			0.2			
α -terpineol					1.37	1.01
β -cubeneno			0.6			0.5
β -elemeno			1.9			0.3
β -eudesmol		0.2				
β -farneseno						0.2
β -pineno			0.1			0.1
β -selineno			0.8			
γ -cadineno		1.8				0.2
ρ -cimeno			0.1			
Z- β - ocimeno			0.6			

Tabla II. Rendimiento y propiedades físicas del aceite esencial de albahaca de diferentes épocas del año.

	Aceites esenciales			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Porcentaje de rendimiento	0.7±0.1	0.5±0.0	0.6±0.0	0.8±0.1
Índice de refracción (25°C)	1.5017±0.003	1.5045±0.003	1.4995±0.002	1.5015±0.004
Densidad (g/ml), 25°C	0.97±0.01	0.95±0.02	0.97±0.02	0.96±0.01

Adaptado de Ijaz *et al.* (2008).

antioxidante primario, debido a que actúa removiendo o inactivando los radicales libres producidos durante la reacción de oxidación a través de la donación de átomos de hidrógeno, interrumpiendo así la reacción en cadena. Se han llevado a cabo diversos métodos para determinar la actividad antioxidante de extractos y aceites esenciales *in vitro*. Entre los métodos más utilizados se encuentran la evaluación de la capacidad de extinción del radical libre 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH•) (Cichosky *et al.*, 2011), así como la inhibición de peroxidación de lípidos (Bozin *et al.*, 2006).

La determinación de la capacidad antioxidante de algún compuesto depende en gran manera del método de evaluación, ya que si ésta es determinada por un sólo método, los resultados pueden ser inadecuados y poco repetibles (Stupans *et al.*, 2002). Jayasinghe *et al.* (2003), identificaron los principales componentes del aceite esencial de albahaca con actividad antioxidante por medio de tres métodos distintos: capacidad de extinción del radical libre DDPH•, oxidación de la fosfatidilcolina de soya y determinación del hidroperóxido de fosfatodilcolina. Ijaz *et al.* (2008) llevaron a cabo tres pruebas distintas para determinar la capacidad antioxidante del aceite esencial de albahaca utilizando los métodos de captura del radical DDPH•, porcentaje de inhibición del ácido linoleico y blanqueabilidad de β -caroteno en el ácido

linoleico. Las tres pruebas comprobaron la capacidad antioxidante del aceite esencial de albahaca. Por otra parte, el método de conversión de aldehído/ácido carboxílico fue utilizado por Lee *et al.* (2005) para medir la capacidad antioxidante de los compuestos aromáticos de los aceites esenciales de albahaca y tomillo, comparándolos con el poder antioxidante de BHT y α -tocoferol; en ambos casos, los aceites esenciales mostraron una mayor actividad antioxidante.

Cichosky *et al.* (2011) llevaron a cabo un estudio en el cual probaron la eficacia del aceite esencial de albahaca como antioxidante de lípidos y proteínas tanto *in vitro* como en salami. Con los resultados de la capacidad antioxidante *in vitro* se determinó que la concentración mínima inhibitoria (CMI) del aceite esencial es de 12 mg/mL; asimismo la capacidad antioxidante del aceite esencial fue comparada con un control (eritorbato de sodio), mostrando éste una mayor capacidad antioxidante incluso al agregarse en menor concentración (0.75 mg/g) que el control (2.5 mg/g). Por otra parte, la capacidad antioxidante de proteínas fue descartada, debido a que no se mostró inhibición durante un periodo de almacenamiento de 28 días. Una menor concentración del aceite esencial de albahaca (0.39 mg/mL) con respecto a la del antioxidante sintético BHT (5.37 mg/ml) también mostró un mayor efecto antioxidante de lípidos en un estudio realizado por Bozin *et*

al. (2006), indicando que los compuestos responsables de la neutralización del radical DPPH• fueron los monoterpenos fenólicos oxigenados (carvacrol, timol y metilchavicol) así como la mezcla de hidrocarburos mono y sesquiterpenos.

Por otra parte, se ha reportado que uno de los componentes presentes en el aceite esencial de albahaca con alta capacidad antioxidante es el eugenol, por lo cual Politeo *et al.* (2007) compararon la capacidad antioxidante del eugenol con respecto al antioxidante sintético BHT, al aceite esencial de albahaca y a las agliconas volátiles del aceite esencial de albahaca. Al analizar los resultados de la capacidad de neutralización del radical DPPH• se descartó una mayor actividad antioxidante de las agliconas volátiles del aceite esencial de albahaca debido a que su actividad fue significativamente menor a la de los otros tratamientos. Por otro lado, se confirmó que el eugenol posee una actividad antioxidante ligeramente mayor a la del BHT y del aceite esencial de albahaca, a pesar de que en este último la concentración de eugenol fue relativamente baja (5.9%). Dichos resultados llevaron a la conclusión de que la capacidad antioxidante del aceite esencial de albahaca es debida a que el eugenol y sus demás componentes actúan sinérgicamente como antioxidantes, aunque algunos de ellos no reporten dicha actividad.

3.2. Capacidad antibacterial

La necesidad de preservar alimentos y el hecho de que la creación de nuevos productos alimenticios exige una mayor vida de anaquel y un alto grado de protección en contra de microorganismos patógenos han derivado en el interés de desarrollar nuevos métodos de preservación tales como el uso de aceites esenciales, ya que al ser aditivos antibacteriales los convierte en una opción natural de inhibición de bacterias (Carovic-Stanko *et al.*, 2010).

El poder antimicrobiano de la albahaca se atribuye a la actividad biológica de algunos de sus componentes tales como linalol, 1,8-cineol, eugenol, estragol y alcanfor (Rattanachaikunsopon y Phumkhachorn, 2010). Si se toma en cuenta que la albahaca contiene un gran número de compuestos químicos, es difícil afirmar que su actividad antimicrobiana está dada por un sólo mecanismo (Burt, 2004).

Se han propuesto diferentes mecanismos antimicrobianos de los aceites esenciales tales como degradación de la pared celular (Helander *et al.*, 1998), daño a la membrana citoplásmica, daño a las proteínas de la membrana, coagulación del citoplasma y agotamiento de la fuerza motriz de los protones, asimismo, se ha demostrado que a pesar de que no todos los componentes químicos de los aceites esenciales de albahaca tienen propiedades antimicrobianas, dichos compuestos sirven como soporte o para aumentar el poder antimicrobiano de los demás (Rattanachaikunsopon y Phumkhachorn, 2010); tal es el caso del p-cimeno, el cual incrementó la actividad antimicrobiana del timol en el crecimiento de *Bacillus cereus*, tanto *in vitro* como en un alimento (Delgado *et al.*, 2004).

Rattanachaikunsopon y Phumkhachorn (2010) probaron el poder antibacterial de aceites esenciales de diferentes hierbas, entre ellas albahaca, sobre diferentes cepas de *Salmonella enteritidis*; los resultados mostraron que el aceite esencial de albahaca fue el que tuvo la mayor actividad antibacterial en todas las cepas. Posteriormente, se probó el aceite esencial en una concentración de 50 ppm agregado a un embutido de origen tailandés llamado “nham” inoculado con *S. enteritidis*, después de 3 días de almacenamiento el número de bacterias disminuyó 3 ciclos logarítmicos; asimismo, en concentraciones de 100 y 150 ppm no se detectó crecimiento de la bacteria después de 3

días de almacenamiento y no se observó diferencia significativa ($p < 0.05$) en cuanto a apariencia, aroma, sabor, textura y gusto general con respecto al alimento sin aceite esencial.

El poder antibacterial del aceite esencial de albahaca ha sido probado en bacterias Gram-positivas (*Micrococcus flavus*, *Sarcina lutea*, *Staphylococcus aureus*, *S. epidermis* y *Bacillus subtilis*) y bacterias Gram-negativas (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aureaginosa*, *Salmonella typhi*, *S. enteritidis* y *Shigella sonnei*). De manera general, ambos tipos de bacterias son sensibles al aceite esencial de albahaca, sin embargo, las bacterias Gram-positivas han mostrado una mayor sensibilidad (Bozin *et al.*, 2006). Ijaz *et al.*, (2008), compararon el poder antimicrobiano del aceite esencial de albahaca en ocho cepas distintas, encontrando que *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis* fueron las más sensibles. De igual forma, la inhibición de *E. coli* O157:H7 ha sido reportada para la variedad de albahaca “genovesa” en una concentración mínima inhibitoria de 400 ppm (Carovic-Stanko *et al.*, 2010).

3.3. Capacidad antifúngica

La producción de aceites esenciales de plantas y especias ha sido atribuida en gran parte al mecanismo de defensa de las plantas contra microorganismos patógenos y plagas (Oxenham, 2003), y en efecto, los aceites esenciales han demostrado poseer propiedades antimicrobianas y antifúngicas.

El poder antifúngico del aceite esencial de albahaca ha sido probado sobre diferentes microorganismos en distintos alimentos por diversos investigadores, por ejemplo Oxenham *et al.* (2005), probaron el poder antifúngico del aceite esencial de albahaca contra *Uromyces fabae* en habas verdes y *Botrytis fabae* en chocolate, así como la reducción fúngica *in vitro*, determinando que a una concentración

de 1000 ppm se redujo en 78% el crecimiento fúngico (*in vitro*). Al analizar por separado los componentes mayoritarios encontrados en el aceite esencial de albahaca (metilchavicol, linalol, eugenol y eucaliptol), se encontró que éstos redujeron significativamente ($p < 0.05$) el crecimiento fúngico, observando el mayor efecto fungicida a una concentración de 200 ppm de eugenol, en la cual se eliminó por completo el crecimiento de los mohos. Asimismo, al analizar el efecto de una combinación de los compuestos mayoritarios sobre los mohos, los resultados obtenidos fueron los mismos que con el aceite esencial. Para el control de las dos especies de hongos, se determinó que el tratamiento realizado 3 horas después de la inoculación del hongo en una concentración de 1000 ppm, fue el más efectivo, reduciendo la infección en un 96%.

Por otra parte, Bozin *et al.* (2006) probaron la capacidad antifúngica de los aceites esenciales de albahaca, orégano y tomillo en *Candida albicans* y 5 especies de dermatomicetos. Los resultados fueron favorables en cuanto a la capacidad fungicida y fungistática del aceite esencial, sin embargo dicha capacidad fue menor con respecto a la de los aceites esenciales de orégano y tomillo, lo que se atribuye al bajo contenido de carvacrol (0.33%) en el aceite esencial de albahaca empleado, así como la ausencia de timol. Cabe señalar que en las variedades de albahaca descritas químicamente en la presente revisión, sólo en una de ellas se reporta la presencia de carvacrol, y en ninguna la de timol.

El poder fungicida del aceite esencial de una variedad de albahaca africana sobre *Aspergillus repens*, *Curvularia lunata* y *Fusarium moniliforme* fue analizado por Amadi *et al.* (2010). Los resultados mostraron el poder fungicida del aceite esencial, sin embargo, su efectividad varió dependiendo del extractante utilizado (etanol, acetona y agua). La reducción e inhibición del crecimiento de los tres mohos fue mostrada por los tres

extractos obtenidos, siendo *A. repens* el más sensible; asimismo, una mayor efectividad se mostró con el aceite esencial extraído con acetona, mientras que la menor efectividad se mostró utilizando agua como extractante.

En otros estudios, el crecimiento del micelio y la inhibición de la espora de siete mohos por medio de la adición de aceite esencial de albahaca, fue evaluada por Piyo *et al.* (2009) en un estudio *in vitro*. En la inhibición del crecimiento de micelio, el aceite esencial mostró diferentes resultados a concentraciones diferentes: en 0.6% v/v, *Fusarium moniliforme* y *Pyricularia arisea*, fueron inhibidos al 100%, mientras que *F. proliferatum* fue inhibido en 49.6%; a una concentración de 2.0% v/v, *Bipolaris oryzae*, *Alternaria brassicicola* y *Aspergillus flavus* fueron inhibidos en un 97.4%, 94.6% y 59.2% respectivamente; sin embargo, no fue capaz de inhibir el crecimiento de *Rhizoctonia solani*. Por otra parte, los resultados de la inhibición de la germinación de la espora indicaron que a una concentración de 0.8% v/v, el aceite esencial retardó el crecimiento de *F. moniliforme* en un 91.31% y *A. brassicicola* en un 99.74%, y a una concentración de 2.0% v/v, *F. proliferatum*, *P. arisea*, *B. oryzae*, *R. solani* y *A. flavus* fueron completamente inhibidos.

Otro estudio acerca del poder antifúngico del aceite esencial de albahaca fue el realizado por Saggiorato *et al.* (2012) el cual fue probado *in vitro* y en la superficie de un embutido tipo italiano. En la prueba *in vitro*, una concentración de 10 mg/mL de aceite esencial inhibió el crecimiento de *Penicillium* sp., mientras que para *Aspergillus* sp., la concentración mínima inhibitoria fue de 25 mg/mL. Asimismo, se realizaron mezclas de ambos hongos en concentraciones de 10, 25, 50 y 100 mg/mL las cuales fueron inoculadas en el embutido para evaluar la capacidad fungicida del aceite esencial; la inhibición de dichas mezclas a siete días de almacenamiento fue proporcional a la concentración del aceite

esencial, siendo la concentración de 10 mg/mL la que mostró una inhibición total. La capacidad antifúngica del aceite esencial fue atribuida a los compuestos 1,8-cineol, alcanfor, β -pineno y acetato de bornilo. Cabe mencionar que al llevar a cabo una prueba sensorial, no se detectó diferencia significativa ($p < 0.05$) en el sabor del producto con todas las concentraciones probadas.

3.4. Capacidad insecticida

Debido a la restricción del uso de fumigantes comunes y la resistencia que han desarrollado ciertos insectos contra éstos, ha crecido la necesidad de crear nuevas alternativas para controlar las plagas de insectos. Entre dichas alternativas, los polvos de hierbas secas, extractos de plantas y sus aceites esenciales han mostrado efectos fumigantes ante dichas plagas (Pascual-Villalobos *et al.*, 2003).

Para comprobar el poder insecticida de los aceites esenciales de albahaca, se ha probado el efecto de los vapores de aceites esenciales sobre el número de huevecillos y su toxicidad directa en insectos. Pascual-Villalobos *et al.* (2003) compararon el número de huevecillos de *Causus maculatus* en habas y frijoles en presencia de vapores de aceite esencial de albahaca y observaron que 7 de 18 aceites esenciales de distintas variedades de albahaca redujeron la cantidad de huevos con respecto al control en un porcentaje de 90%. Entre los componentes principales de los aceites esenciales que mostraron dicha capacidad insecticida se encontraron metilchavicol, geranial, geraniol y linalol. En relación a lo anterior, el linalol ha sido reconocido como un repelente efectivo contra insectos (Regnault-Roger y Hamraoui, 1995); Leal y Uchida (1998) identificaron que el geraniol contenido en limoncillo actúa como repelente de mosquitos y Pascual-Villalobos *et al.* (2003) observaron que la toxicidad de aceites esenciales de albahaca en *Causus maculatus*,

ha sido atribuida principalmente a la presencia de eugenol y metilchavicol.

Se han experimentado otros métodos para comprobar el poder insecticida del aceite esencial de albahaca, por lo que Keita *et al.* (2001) probaron la toxicidad del aceite esencial de albahaca al adicionarlo directamente como fumigante en *Callosobruchus maculatus* y sus huevos; asimismo, ellos evaluaron la actividad insecticida de un polvo (caolín) aromatizado con aceite esencial de albahaca sobre los insectos, concluyendo que el poder insecticida del aceite esencial de albahaca fue positivo en cada una de las pruebas.

Diversos compuestos químicos contenidos en el aceite esencial de albahaca han sido reportados como los responsables de su capacidad insecticida. Chang *et al.* (2009) probaron la capacidad insecticida de los compuestos *trans*-anetol, estragol, linalol y metil eugenol así como del aceite esencial en tres moscas tefritidas de la fruta (*Ceratitis capitata*, *Bactrocera dorsalis* y *B. cucurbitae*). A excepción del linalol, los tratamientos mostraron mortalidad de las moscas en una concentración de 2.5%; por otra parte, se demostró que el estragol y *trans*-anetol fueron los tratamientos más potentes y el metil eugenol fue altamente tóxico para *C. capitata*.

Conclusiones

Las propiedades antioxidantes, antimicrobianas e insecticidas del aceite esencial de albahaca que fueron mencionadas en la presente revisión, están estrechamente relacionadas con la composición química de la planta, la cual se ve afectada entre otros factores por su origen, así como por su variedad y época de crecimiento. De manera general, se pudo confirmar que el aceite esencial de albahaca es un efectivo aditivo

alimenticio que actúa como antioxidante, fungicida y bactericida, así como un efectivo insecticida de especies que atacan cultivos de alimentos.

La mayoría de las determinaciones de las propiedades antioxidantes, antimicrobianas e insecticidas del aceite esencial de albahaca, han sido llevadas a cabo mediante metodologías distintas de experimentación *in vitro*, sin embargo, su aplicación directa en alimentos aún es poco frecuente. La capacidad insecticida, se ha probado al agregarse directamente a la plaga, ya sea rociado o mediante polvos aromatizados. La acción del aceite esencial de albahaca como antifúngico ha sido probada con adición directa y mediante sus vapores, mientras que la determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial de albahaca sigue en estudio.

Finalmente, se concluye que el aceite esencial de albahaca es un potente antioxidante, fungicida, bactericida e insecticida, sin embargo aún existe escasez de experimentación y aplicación de este aditivo de manera directa en alimentos con la finalidad de obtener beneficios de sus propiedades funcionales.

Agradecimientos

El autor Cardoso-Ugarte agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad de las Américas Puebla (UDLAP) por el apoyo para sus estudios de posgrado.

Referencias

- Amadi, J., Salami, S. y Eze, C. 2010. Antifungal properties and phytochemical screening of extracts of

- African Basil (*Ocimum gratissimum* L.). *Agriculture and Biology Journal of North America*. 1 (2): 163-166.
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Simin, N. y Anackov, G. 2006. Characterization of the volatile composition of essential oils of some Lamiaceae spices and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54 (5): 1822-1828.
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods- a review. *International Journal of Food Microbiology*. 94 (31): 223-253.
- Carovic-Stanko, K., Orlic, S., Politeo, O., Strikic, F., Kolak, I., Milos, M. y Satovic, Z. 2010. Composition and antibacterial activities of essential oils of seven *Ocimum* taxa. *Food Chemistry*. 119 (1): 196-201.
- Chalchat, J. y Musa, M. 2008. Comparative essential oil composition of flowers, leaves and stems of basil (*Ocimum basilicum* L.) used as herb. *Food Chemistry*. 110 (2): 501-503.
- Chang, C., Cho, H. y Li, Qing. 2009. Insecticidal activity of basil oil, *trans*-anethole, estragole, and linalool to adult fruit flies of *Ceratitis capitata*, *Bactrocera dorsalis*, and *Bactrocera cucurbitae*. *Journal of Economic Entomology*. 102 (1): 203-209.
- Chang, X., Alderson, P. y Wright, C. 2008. Solar irradiance level alters the growth of basil *Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. *Environmental and Experimental Botany*. 63 (1-3): 216-223.
- Cichosky, A., Cansian, R., De Oliveira, D., Gaio, I. y Saggirato, A. 2011. Lipid and protein oxidation in the internal part of italian type salami containing basil essential oil (*Ocimum basilicum* L.). *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 31 (2): 436-442.
- Da-Silva, F., Santos, R., Diniz, E., Barbosa, L., Casali, V. y De-Lima, R. 2003. Content and composition of basil essential oil at two different hours in the day and two seasons. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*. 6 (1): 33-38.
- Delgado, B., Palop, A., Fernández, P., Periago, P. 2004. Combined effect of thymol and cymene to control the growth of *Bacillus cereus* vegetative cells. *European Food Research and Technology*. 218: 188-193.
- Ebrahim, S. 2006. Analysis of the essential oils of two cultivated basil (*Ocimum basilicum* L.). From Iran. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*. 14 (3): 128-130.
- Gülçin, I., Elmastas, M. y Aboul-Enein, H. 2007. Determination of antioxidant and radical scavenging activity of basil (*Ocimum basilicum* L. family Lamiaceae) assayed by different methodologies. *Phytotherapy Research*. 21 (4): 354-361.
- Helander, I., Alakomi, H., Latva-Kala, K., Mattila-Sandholm, T., Pol, I., Smid, E., Gorris, L. y Wright, A. 1998. Characterization of the action of selected essential oil components on gram-negative bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46 (9): 3590-3595.
- Ijaz, A., Anwar, F., Hussain, S y Przybylski, R. 2008. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Science*. 108: 986-995.
- Javanmardi, J., Khalighi, A., Kashi, A., Bais, H. y Vivanco, M. 2002. Chemical characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.) found in local accessions and used in traditional medicines in Iran. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50 (21): 5878-5883.
- Jayasinghe, C., Gotoh, N., Aoki, T. y Wada, S. 2003. Phenolics composition and antioxidant activity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 51 (15): 4442-4449.
- Keita, S., Vincent, C., Schmit, J., Arnason, J. y Belanger, A. 2001. Efficacy of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *O. gratissimum* L. applied as an insecticidal fumigant and powder to control *Callosobruchus maculatus* (Fab.) [Coleoptera: Bruchidae]. *Journal of Stored Products Research*. 37 (4): 339-349.
- Labra, M., Miele, M., Ledda, B., Grassi, F., Mazzei, M. y Sala, F. 2004. Morphological characterization, essential oil composition and DNA genotyping of *Ocimum basilicum* L. cultivars. *Plant Science*. 167 (4): 725-731.
- Leal, W. y Uchida, K. 1998. Application of GC-EAD to the determination of mosquito repellents derived from a plant, *Cymbopogon citratus*. *Journal of Asia Pacific Entomology*. 1 (2): 217-221.
- Lee, S., Umamo, K., Shibamoto, T. y Lee, K. 2005. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. *Food Chemistry*. 91 (1): 131-137.
- Mohammad-Taghi, G. y Karamatollah, R. 2008. Comparison of microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris* L. *Food Chemistry*. 109 (49): 925-930.

- Noguchi, N. y Niki, E. 1999. Chemistry of active oxygen species and Antioxidants. *Antioxidant Status, Diet, Nutrition, and Health*. 3-20.
- Oxenham, S., Svoboda, K. y Walters, D. 2005. Antifungal Activity of the Essential Oil of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Phytopathology*. 153 (3): 174-180.
- Oxenham SK. 2003. Classification of an *Ocimum basilicum* germplasm collection and examination of the antifungal effects of the essential oil of basil. Tesis de doctorado. Universidad de Glasgow. Reino Unido.
- Pascual-Villalobos, M. y Ballesta-Acosta, M. 2003. Chemical variation in an *Ocimum basilicum* germplasm collection and activity of the essential oils on *Callosobruchus maculatus*. *Biochemical Systematics and Ecology*. 31 (7): 673-679.
- Piyo, A., Udomsilp, J., Khang-Khun, P. y Thobunluepop, P. 2009. Antifungal activity of essential oils from basil (*Ocimum basilicum* L.) and sweet fennel (*Ocimum gratissimum* Linn.): Alternative strategies to control pathogenic fungi in organic rice. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*. Special Issue, S2-S9.
- Politeo, O., Jukic, M. y Milos, M. 2007. Chemical composition and antioxidant capacity of free volatile aglycones from basil (*Ocimum basilicum* L.) compared with its essential oil. *Food Chemistry*. 101 (1): 379-385.
- Rattanachaikunsopon, P. y Phumkhaichorn, P. 2010. Antimicrobial activity of basil (*Ocimum basilicum* L.) oil against *Salmonella enteritidis* in vitro and in food. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*. 74 (6): 1200-1204.
- Regnault-Roger, C., Hamraoui, A., 1995. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Stored Products Research*. 31 (4): 291-299.
- Saggiorato, A., Gaio, I., Treichel, H., De Oliveira, D., Cichosky, A. y Cansian, R. 2012. Antifungal activity of basil essential oil (*Ocimum basilicum* L.): evaluation in vitro and on an Italian-type sausage surface. *Food and Bioprocess Technology*. 5 (1): 378-384.
- Simon, J., Morales, M., Phippen, W., Fontes, R. y Hao, Z. 1999. Basil: A source of aroma compounds and a popular culinary and ornamental herb, *Perspectives on new crops and new uses*. 16 (45): 499-505.
- Stupans, I., Kirlich, A., Tuck, K., Hayball, P. 2002. Comparison of radical scavenging effect, inhibition of microsomal oxygen free radical generation, and serum lipoprotein oxidation of several natural antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50 (8): 2464-2469.
- Telci, I., Bayram, E., Yilmaz, G. y Avci, B. 2006. Variability in essential oil composition of Turkish basil (*Ocimum basilicum* L.). *Biochemical Systematics and Ecology*. 34 (6): 489-497.
- Tomaino, A., Cimino, F., Zimbalatti, V., Venuti, V., Sulfaro, V., De Pasquale, A. y Saija, A. 2005. Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. *Food Chemistry*. 89 (4): 549-554.
- Wogiatzi, E., Papachatzis, A., Kalorizou, H., Chouliara, A. y Chouliaras. 2011. Evaluation of essential oil yield and chemical components of selected basil cultivars. *Biotechnology and Biotechnonology equipment*. 25 (3): 2525-2527.