



# **BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA – ALIMENTOS**

**“ANTIMICROBIANOS DE ORIGEN NATURAL CONTRA  
MOHOS DE INTERÉS EN ALIMENTOS, EVALUACIÓN DEL  
ESTADO DEL ARTE”**

**TESINA**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:  
ESPECIALISTA EN TECNOLOGÍA E INOCUIDAD DE LOS  
ALIMENTOS**

**PRESENTA:  
Q.F.B. GERARDO CORTÉS CORTÉS**

**DIRECTOR DE TESINA:  
D.C. RAÚL ÁVILA SOSA SÁNCHEZ**



PUEBLA, PUE.

OCTUBRE, 2014

## RESUMEN

Los aceites esenciales son compuestos volátiles complejos, naturalmente sintetizados por las plantas como parte de su metabolismo. Algunos de ellos se han utilizado con fines medicinales a lo largo de la historia debido a que tienen propiedades terapéuticas, dentro de ellas actividad inhibitoria contra microorganismos como bacterias y hongos. La presencia de un gran número de sustancias como alcaloides, fenoles y compuestos derivados de terpenos hace que los aceites esenciales tengan acción ante una amplia variedad de microorganismos patógenos. Por lo tanto, los aceites esenciales podrían ser utilizados como alternativa para la conservación de alimentos.

En esta tesina se presenta la revisión, “evaluación del estado del arte”, de una serie de reportes publicados en revistas de interés científico a partir del año 2008 y hasta el primer trimestre de 2014, que describen la actividad inhibitoria de compuestos provenientes de plantas sobre mohos contaminantes y/o perjudiciales de interés en la industria alimentaria. Los reportes fueron seleccionados en base a la actividad antimicrobiana de los extractos, la descripción de los compuestos químicos involucrados y los microorganismos hacia los que tienen efecto.

Se hace referencia a más de 100 reportes, describiendo los hallazgos experimentales en los extractos de más de 40 plantas y se detalla el efecto inhibitorio que tienen sobre mohos y algunas bacterias de interés en los alimentos, así como una breve discusión sobre el uso de estos compuestos en la conservación de los alimentos.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. JUSTIFICACIÓN</b> .....	3
<b>III. OBJETIVO GENERAL</b> .....	4
<b>IV. OBJETIVOS PARTICULARES</b> .....	4
<b>V. DIAGRAMA DE TRABAJO</b> .....	5
<b>VI. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	6
<b>VII. GENERALIDADES</b> .....	7
VII.1 Aflatoxinas .....	7
VII.2 Pesticidas .....	8
VII.3 Bacterias ácido Lácticas (BAL) .....	10
<b>VIII. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
VIII.1. Evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de plantas .....	11
VIII.1.1 <i>Phyllanthus emblica</i> , <i>Alpinia galanga</i> .....	11
VIII.1.2. <i>Alpinia conchigera</i> .....	13
VIII.1.3. <i>Ficus microcarpa</i> .....	13
VIII.1.4. <i>Nandina domestica</i> .....	14
VIII.1.5. <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	15
VIII.1.6. <i>Zingiber officinale</i> .....	18
VIII.1.7. <i>Etlingera</i> spp.....	19
VIII.1.8. <i>Satureja hortensis</i> y <i>S. cuneifolia</i> .....	19
VIII.1.9. <i>Thymus</i> spp.....	21
VIII.1.10. <i>Ocimum basilicum</i> .....	22
VIII.1.11. <i>Eupatorium lindleyanum</i> .....	23
VIII.1.12. <i>Origanum</i> spp. ....	24
VIII.1.13. <i>Origanum heracleoticum</i> .....	27
VIII.1.14. <i>Juglans regia</i> .....	30
VIII.1.15. <i>Punica granatum</i> .....	30
VIII.1.16. <i>Mentha suaveolens</i> .....	31
VIII.1.17. <i>Illicium verum</i> , <i>Eugenia caryophyllata</i> .....	32
VIII.1.18. <i>Critmum maritimum</i> .....	32

VIII.1.19. <i>Salvia potentillifolia</i> .....	33
VIII.1.20. <i>Ficus ovata</i> .....	33
VIII.1.21. <i>Allium sativum</i> .....	34
VIII.1.22. <i>Coriandrum sativum</i> .....	35
VIII.1.23. <i>Cinnamomum zeylanicum</i> .....	36
VIII.1.24. <i>Lonicera japónica</i> .....	36
VIII.1.25. <i>Cinnamosma fragrans</i> .....	37
VIII.1.26. <i>Stenoloma chusanum</i> .....	38
VIII.1.27. <i>Laserpitium garganicum</i> .....	39
VIII.1.28. <i>Vitis vinifera</i> .....	39
VIII.1.29. <i>Hymenocrater longiflorus</i> .....	40
VIII.1.30. <i>Solanum surattense</i> .....	41
VIII.1.31. <i>Periploca laevigata</i> .....	42
VIII.1.32. <i>Lavandula bipinnata</i> .....	42
VIII.1.33. <i>Orthosiphon stamineus</i> .....	43
VIII.1.34. <i>Arctium lappa</i> .....	44
VIII.1.35. <i>Melodorum fruticosum</i> .....	44
VIII.1.36. <i>Citrus máxima</i> .....	46
VIII.1.37. <i>Distichoselinum tenuifolium</i> .....	47
VIII.1.38. <i>Salvia lanígera</i> .....	47
VIII.1.39. <i>Matricaria recutita</i> .....	48
VIII.1.40. <i>Sphallerocarpus gracilis</i> .....	49
VIII.1.41. <i>Eucalyptus globulus</i> .....	49
VIII.1.42. <i>Prunus mume</i> .....	50
VIII.1.43. <i>Argemone mexicana</i> .....	51
VIII.1.44. <i>Myristica fragrans</i> .....	52
VIII.1.45. <i>Sappan Lignum, Coptidis Rhizoma y Psoraleae Semen</i> .....	52
VIII.1.46. <i>Juniperus excelsa</i> .....	52
VIII.1.47. <i>Plectranthus barbatus, P. neochilus y P. ornatus</i> .....	53
<b>VIII.2. Mecanismos de acción</b> .....	<b>57</b>
VIII.2.1. Efectos antibacterianos .....	57
VIII.2.2. Efectos antifúngicos.....	58
<b>IX. DISCUSIÓN</b> .....	<b>59</b>

<b>X. CONCLUSIONES</b> .....	62
<b>XI. APLICACIONES</b> .....	63
<b>XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Tabla</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1		Estructura química de flavonoides	8
2		Algunas plantas medicinales ampliamente usadas para la extracción de aceites esenciales	14
3		Estructura química de alcaloides	24
4		Estructura química de fenoles	31
5		Estructura química de terpenoides	41
	1	Compuestos extraídos de plantas con actividad antifúngica abordados en esta revisión	55

## ABREVIATURAS

AE	Aceites Esenciales
AFB1	Aflatoxina B1
BAL	Bacterias Ácido Lácticas
CMB	Concentración Mínima Bactericida
CMF	Concentración Mínima Fungicida
CMI	Concentración Mínima Inhibitoria
ETA	Enfermedad Transmitida por los Alimentos
FP	Fusapirona
GS-MS	Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas
HPLC	Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución

## *Agradecimientos*

A la Facultad de Ciencias Químicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por brindarme la oportunidad de realizar esta especialidad.

A mi asesor, el D.C. Raúl Ávila Sosa Sánchez, por la confianza, el apoyo, la paciencia y comprensión que depositó en mí, no pude tener mejor guía en este trabajo, gracias por todo doc.

A la M.C. Rosa María Dávila Márquez, por la disponibilidad, apoyo, buenos consejos y motivación para concluir esta tesina, sabe que la admiro maestra, gracias.

Al M.C. Gonzalo Alfonso Flores Mendoza, por el apoyo, disponibilidad y sugerencias en la revisión de este trabajo.

Al M.C. Martín Álvaro Lazcano Hernández, por la disponibilidad, los comentarios y las sugerencias aportadas.

A la D.C Rosa del Carmen Rocha Gracia, por el eterno apoyo, ánimo y comprensión, gracias doctora.

A la D.C. Patricia Lozano Zarain, por el apoyo, motivación y buena vibra en un logro más.

A mis compañeros de la especialidad: Edith, Lilia, Graciela, Ernesto y Fabián, porque no sólo convivimos académicamente, sino que afianzamos una gran amistad.

A mis compañeros y amigos del Laboratorio de Microbiología Hospitalaria y de la Comunidad: Elena, Tatiana, Andrea, Tania, Carolina, Alejandro (Alex), Gaby, Enrique (Kike), Liliana, Aimé, Claudia, Nancy, Emilio y demás chicos nuevos, por su buena vibra, agradables charlas y excelente compañerismo, gracias chicos.

# *Dedicatorias*

## **A mi s padres**

Lucía y Gerardo, por todo el cariño y apoyo que me han dado desde que existo, lo que soy y lo que he logrado se los debo a ustedes.

## **A mis hermanos**

Miguel y Yareli, Por ser un motivo más para esforzarme todos los días, por inspirarme a seguir adelante y estar siempre conmigo. Y a la nueva integrante de la familia, Carolina, ya eres parte de nosotros.

## **A mi abuela**

Domitila, aunque no tuve la oportunidad de estar contigo físicamente hasta el último momento, tú recuerdo y bendiciones me acompañarán siempre.

## **A mis amigos**

Diego, Erick, Luis, Petter, Rafa y Toño, que son mis hermanos por elección, va por todos los buenos momentos que hemos vivido, por su apoyo constante y porque simplemente alegran mi vida amigos, gracias.

Esta tesina la dedico a todos ustedes, por formar parte de mi vida y por estar conmigo en todo momento, este logro es el resultado de un esfuerzo no sólo mío, sino también de ustedes, los quiero.

## I. INTRODUCCIÓN

La actividad microbiana es un modo primario de deterioro de muchos alimentos y es en la mayoría de las veces, responsable de la pérdida en calidad y seguridad de los mismos (Akthar, Degaga, & Azam, 2014).

La preocupación por los microorganismos patógenos y contaminantes ha incrementado debido al desarrollo de brotes y enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA). Bacterias Gram positivas como *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* y *Clostridium botulinum*; bacterias Gram negativas como *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli* (O157:H7) *Shigella dysenteriae*, *Campylobacter jejuni*, *Vibrio* spp., *Yersinia enterocolitica*; y hongos como *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., y *Claviceps* spp., son los principales microorganismos responsables de enfermedades e intoxicaciones causadas por el consumo de alimentos contaminados ( Sahoo *et al.*, 2009; Cui, Gabriel, & Nakano, 2010; ; Yossa, Patel, Miller, & Lo, 2010).

Por estas razones, la contaminación microbiana de los alimentos todavía posee importante preocupación en salud pública así como serias repercusiones económicas (Rahman & Kang, 2009).

Aunque a lo largo de los años se han usado sustancias efectivas ya sea para evitar el crecimiento de microorganismos en los alimentos o para tratar las infecciones generadas por ellos, la resistencia microbiana también ha aumentado, por lo que el desarrollo de nuevas alternativas es un reto primordial en salud pública (Palaniappan & Holley, 2010).

Desde la antigüedad, los extractos de hierbas y especias han sido usados para diferentes propósitos y en diferentes áreas, como en alimentos, fármacos y perfumería. Los aceites esenciales son considerados de los mejores agentes

antimicrobianos, además de que tienen actividades antioxidantes y antiinflamatorias (Singh *et al.*, 2008).

Los metabolitos secundarios como aceites esenciales y extractos de plantas son estudiados por su actividad antimicrobiana, ya que está bien documentado que los aceites derivados de las plantas poseen actividades antibacterianas, antifúngicas, insecticidas y citotóxicas. Por lo tanto, son intensivamente estudiadas y aplicadas en las áreas de microbiología de alimentos, farmacología, botánica, microbiología clínica y preservación de los alimentos (Bajpai *et al.*, 2008).

En los últimos años, los extractos de hierbas han atraído gran interés científico debido a su potencial como fuente de antioxidantes naturales y compuestos biológicamente activos. Por otro lado, la creciente resistencia a los antibióticos que han adquirido algunos microorganismos, la preocupación pública por la seguridad de los alimentos y el impacto de los aditivos sintéticos en la salud, han convertido a estas sustancias en una buena alternativa de investigación para el desarrollo de nuevos aditivos que contrarresten el impacto que causan los microorganismos en los alimentos (Hussain *et al.*, 2008).

## II. JUSTIFICACIÓN

Los mohos son microorganismos que tienen gran capacidad de adaptación y síntesis bioquímica, así como un potencial enzimático importante en la industria alimentaria. Las modificaciones químicas producidas por estos microorganismos en los alimentos se traducen en alteraciones de las características físicas y nutricionales, que derivan cambios en las características sensoriales y en consecuencia costosas pérdidas económicas.

Aunado a esto, la mayoría de los agentes antimicrobianos que se utilizan en la industria alimentaria para contrarrestar los efectos perjudiciales de los mohos, son sintéticos, y muchos de ellos presentan efectividad reducida, toxicidad para el consumidor, elevado costo de producción y al mismo tiempo reduce la gama de sustancias que pueden ser utilizadas.

Es por ello que resulta importante y necesario conocer compuestos de origen natural que pudieran ser una alternativa para la conservación de alimentos, lo que conlleva a hacer una revisión actual de plantas y compuestos derivados de ellas con potencial de ser utilizados en la industria alimentaria.

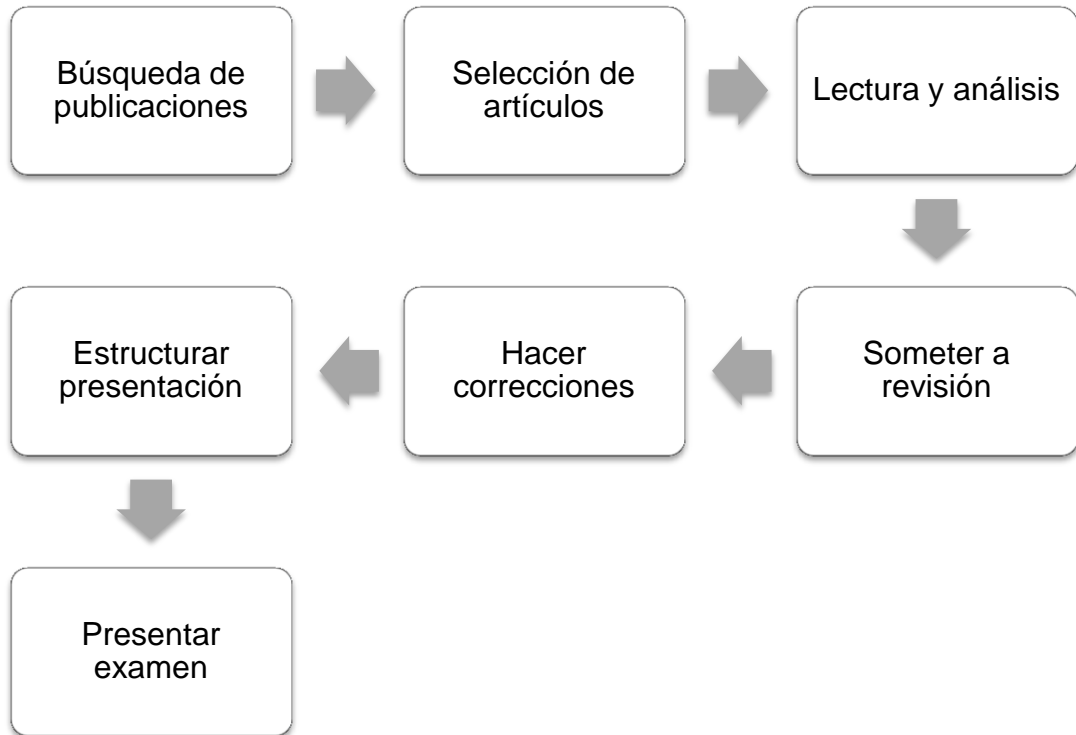
### **III. OBJETIVO GENERAL**

- ◆ Realizar una revisión bibliográfica, “evaluación del estado del arte”, sobre antimicrobianos de origen natural que actúen contra mohos de interés en los alimentos.

### **IV. OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Hacer una revisión sobre antimicrobianos de origen natural que actúen contra mohos, descritos en artículos publicados en revistas indexadas del año 2008 al primer trimestre de 2014.
2. Mencionar el posible mecanismo de acción de estos antimicrobianos.
3. Mencionar las aplicaciones de estas sustancias en los alimentos.

## V. DIAGRAMA DE TRABAJO



## VI. MATERIAL Y MÉTODOS

### ➤ **Materiales**

- Artículos publicados en revistas indexadas del año 2008 al primer trimestre de 2014, que aborden la evaluación de compuestos extraídos de plantas que tengan efecto antimicrobiano frente a mohos de interés en los alimentos.
- Bases de datos electrónicas como PubMed, Elsevier y búsqueda en 32 revistas que publican artículos relacionados con sustancias antimicrobianas que tienen aplicación en la industria alimentaria.

### ➤ **Metodología**

- Se realizó la búsqueda de artículos referentes a antimicrobianos de origen natural que tuvieron efecto inhibitorio contra mohos de interés en los alimentos, que fueron publicados en revistas científicas a partir del año 2008 y hasta el primer trimestre de 2014.
- Posteriormente, se seleccionaron al menos 100 de ellos en base a la descripción y evaluación de los compuestos químicos extraídos a partir de plantas, que documenten el efecto antimicrobiano.
- Una vez seleccionados se leyeron y analizaron, de tal forma que se recopilaron los datos, resultados y conclusiones obtenidos.
- Finalmente se conjuntó toda la información para organizar y redactar la revisión; analizando, describiendo y correlacionando los datos obtenidos en cada publicación.
- Cabe mencionar que los artículos incluidos en la revisión fueron citados de acuerdo al estilo American Psychological Association 6th Edition, que incluye al final de cada referencia un DOI (digital object identifier), que identifica en la web al artículo y lo recupera incluso si éste se ubica en un servidor distinto al que fue alojado en un principio.

## VII. GENERALIDADES

### VII.1 Aflatoxinas

Especies de género *Aspergillus* sección *Flavi*, se encuentran entre los hongos que más deterioro causan en los alimentos. Estos hongos invaden productos agrícolas como el maíz, el maní y el algodón. Algunas especies tienen la capacidad de producir aflatoxinas, que a menudo hacen que estos productos no sean aptos para el consumo. Las aflatoxinas son consideradas las sustancias más cancerígenas, mutagénicas y teratogénicas que se encuentran naturalmente en los alimentos y piensos. El consumo de alimentos contaminados por micotoxinas se ha asociado con varios casos de envenenamiento o micotoxicosis humana, que incluso en ocasiones causan la muerte. Debido a esta problemática y a que los consumidores exigen alimentos sin conservadores, sanos, seguros o mínimamente procesados, se han evaluado otras opciones de control sin recurrir a pesticidas sintéticos y sin crear ningún tipo de contaminación ambiental, tal es el caso de sustancias provenientes de especies vegetales (Figura 1).

Bluma y colaboradores evaluaron el efecto de 96 extractos provenientes de 41 especies vegetales nativas de Argentina, sobre el crecimiento de *Aspergillus* sección *Flavi*, concretamente en *A. flavus* y *A. parasiticus* aislados de cultivos de maíz. Encontraron que los extractos de aceites esenciales resultan ser más eficaces, siendo los del clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), tomillo de montaña (*Hedeoma multiflora*) y poleo (*Mentha piperita*) los que mejor efecto antifúngico tienen bajo los parámetros de crecimiento evaluados, así como en la reducción de aflatoxina B1 (AFB1), incluso inhibiéndose por completo al combinar los aceites de clavo y poleo, sugiriendo que estas especies vegetales podrían ser utilizadas ya sea de forma individual o en combinación con otras, para controlar la presencia de hongos aflatoxigénicos en el maíz almacenado (Bluma *et al.*, 2008).



**Figura 1.** Algunas plantas medicinales ampliamente usadas para la extracción de aceites esenciales. A) Canela (*Cinnamomum zeylancium*); B) Tomillo (*Thymus broussonetii*); C) Romero (*Rosmarinus officinalis*) D) Orégano (*Origanum vulgare*); E) Clavo (*Syzygium aromaticum*); F) Ajenjo (*Artemisa arbrescens*); G) Alcaravea (*Carum carvic*); H) Hierba limón (*Cymbopogon citratus*); I) Salvia (*Salvia officinalis*) (Akthar et al., 2014).

## VII.2 Pesticidas

A la fecha, muchos pesticidas sintéticos han sido desarrollados y usados exitosamente para controlar un gran número de plagas en la agricultura. Sin embargo, la aparición de resistencia a los pesticidas se ha convertido en un serio problema, por lo que ha sido necesario identificar alternativas agroquímicas a partir

de productos naturales y desarrollar nuevos pesticidas que reemplacen a los sintéticos, mismos que son tóxicos y significan un riesgo para el ambiente.

Muchas plantas producen compuestos antimicrobianos como estrategias de defensa contra patógenos y aunque por ejemplo se han identificado muchos antifúngicos naturales en plantas y hierbas, pocos han sido completamente evaluados. Por lo que grupos de trabajo como el de Inagaky y colaboradores han evaluado la actividad antifúngica de extractos obtenidos de las hojas de hierbas silvestres (en algunos casos conocidas como hierbas malas para los cultivos). En ensayos con plantas de pepino, evaluaron la actividad de 203 especies de hierbas silvestres contra el hongo *Colletotrichum lagenarium*, que es el agente causal de antracnosis en esa planta. Observaron que los extractos de cuatro familias de hierbas, Urticaceae, Onagraceae, Commelinaceae y Solanaceae mostraron mejor inhibición de las lesiones de las plantas, a comparación de otras familias evaluadas. Así mismo observaron inhibición remarcable de la infección con extractos obtenidos de 19 especies de las hierbas silvestres destacando las especies *Comelinaceae dactylon*, *Kalimeris yomena* y *Solanaceae americanum*, ya que inhibieron la infección por completo. Estos resultados demuestran que los extractos de algunas hierbas silvestres tienen buena actividad antifúngica y que pueden ser opciones de productos naturales para usarse en el desarrollo de nuevos pesticidas. Sin embargo, la caracterización de ingredientes activos en estos extractos es un tema que requiere más estudios (Inagaki *et al.*, 2008).

De igual manera, Avila-Sosa y colaboradores evaluaron el efecto inhibitorio de diferentes plantas mexicanas frente al mismo hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, aislado de una papaya infectada. Evaluaron la actividad antifúngica de los extractos con etanol y cloroformo de jarilla (*Baccharis salicifolia*), tepozán (*Buddleia americana*), nanche (*Byrsonima cordata*), cinco negritos (*Lantana camara*), orégano mexicano (*Lippia berlandieri* var. *Scanner*) y pericón (*Tagetes lucida*) mediante la determinación de la CMI. Se llevaron a cabo ensayos de inhibición del crecimiento fúngico en placas con medio de agar papa dextrosa (PDA) con una concentración de 400 mg/L de los extractos con etanol y de 200 mg/L de los extractos con cloroformo. El tepozán, nanche y cinco negritos no mostraron efecto antifúngico. El extracto de

pericón con etanol mostró una inhibición del 84% en cuanto al crecimiento radial del hongo; mientras que los extractos con cloroformo de jarilla, orégano y pericón mostraron inhibición del 88%, 90% y 95%, respectivamente. Con esto demostraron que los extractos con metanol de orégano y jarilla tienen efecto inhibitorio de la fase reproductiva de *C. gloeosporioides* y los extractos con cloroformo tienen efecto fungistático, mientras que los extractos de pericón, ya sea con etanol o cloroformo, fueron los más efectivos, ya que mostraron actividad antifúngica y fungistática. Sin embargo, el uso de estos extractos como agroquímicos requiere de una examinación más exhaustiva (Avila-Sosa, *et al.*, 2011a).

### **VII.3 Bacterias ácido Lácticas (BAL)**

Una alternativa biológica con potencial en la industria de los alimentos es el uso de bacterias ácido lácticas (BAL). Se estima que del 5 al 10% de la producción de alimentos se pierde debido al deterioro por hongos, y aunado a las consecuencias negativas económicamente hablando, también pueden darse problemas serios de salud debido a la producción de micotoxinas. Productos lácticos como queso y leche son susceptibles al crecimiento de hongos, ocasionando su deterioro, y aunque ciertos tipos de hongos son favorables para ciertos procesos en estos alimentos, especies de *Penicillium* tales como *P. commune* y *P. solitum* son responsables de deterioro en diferentes variedades de queso. Otras especies como *P. expansum* son responsables del deterioro de frutas como manzanas. Es por ello que se ha evaluado el efecto inhibitorio de BAL como *Pediococcus pentosaceus* hacia estos hongos, obteniéndose resultados positivos que colocan a las BAL como una alternativa aplicable en la industria de los alimentos (Rouse *et al.*, 2008).

Como ya se mencionó, una alternativa al uso de conservadores sintéticos es seguir explorando la amplia gama de compuestos naturales que ofrecen las plantas. A continuación se hace una revisión sobre los reportes más sobresalientes al respecto, donde se describen los resultados que documentan el potencial de esos compuestos para ser utilizados en la industria alimentaria.

## VIII. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los aceites esenciales obtenidos de plantas son un complejo bioactivo de compuestos monoterpenos, sesquiterpenos y derivados oxigenados (alcoholes, aldehídos, ésteres, éteres, cetonas, fenoles y óxidos), principalmente. De manera general, la composición de los aceites es un balance de varias sustancias, aunque en algunas especies un constituyente puede prevalecer sobre los otros (Arif *et al.*, 2009).

Estos compuestos han demostrado tener propiedades diversas farmacológicas, dentro de ellas, actividad antimicrobiana. A continuación se describe una selección de reportes publicados en los últimos 7 años sobre plantas y compuestos obtenidos a partir de ellas, que han demostrado de manera *in vitro* tener actividad inhibitoria hacia microorganismos, específicamente bacterias y mohos, de interés en alimentos.

### VIII.1. Evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de plantas

#### VIII.1.1 *Phyllanthus emblica*, *Alpinia galanga*

Las hierbas y especias son conocidas por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes, y debido a la creciente demanda de aditivos alimentarios de origen natural, éstas se han convertido en ingredientes populares con alta tendencia a sustituir a los agentes sintéticos. La grosella india (*Phyllanthus emblica*) es una de las hierbas más usadas y ampliamente distribuida en países tropicales y subtropicales. Su fruto es muy rico en vitamina C y su extracto ha demostrado poseer diversas propiedades farmacológicas, ya que se usa como analgésico, antiinflamatorio, antioxidante y por su actividad quimioprotectora. Otra planta con propiedades medicinales es el galangal (*Alpinia galanga*), que se ha usado tradicionalmente como especia en la comida tailandesa. Esta especie, como algunas otras, es rica en flavonoides y ácido fenólicos. En Tailandia el galangal es abundante y barato, además es usado con propósitos medicinales, ya que alivia problemas

estomacales, es antiespasmódico, antiinflamatorio e incluso se le atribuyen propiedades antibacterianas.

Dentro de las bacterias predominantemente involucradas en enfermedades transmitidas por los alimentos se encuentra *Staphylococcus aureus*, que causa gastroenteritis debido a la producción de enterotoxinas estafilocócicas. En este sentido *S. aureus* es un importante patógeno debido a la combinación de factores de virulencia, como son la producción de toxinas y la marcada resistencia a antibióticos. Aunque las hierbas y especias en Tailandia, incluyendo a la grosella y el galangal, contienen potentes antimicrobianos y antioxidantes, no han sido lo suficientemente evaluadas para documentar tales propiedades. Es por ello que Mayachiew y Devahastin, evaluaron la actividad antimicrobiana y antioxidante de extractos de *Phyllanthus emblica* y *Alpinia galanga*. Se analizó la actividad antimicrobiana contra *S. aureus*, los valores de CMI con la grosella y el galangal fueron de 13.97 y 0.78 mg/ml, mientras que los de CMB fueron de 13.97 y 2.34 mg/ml, respectivamente. Por otro lado la actividad antioxidante que fue evaluada con el método de blanqueo con  $\beta$ -caroteno, resultó ser de 86.4% y 70.3% para la grosella y el galangal, respectivamente. El análisis por GC-MS (cromatografía de gases – espectrometría de masas) mostró que los principales componentes del extracto de galangal son: 1,8-cineol (20.95%),  $\beta$ -bisaboleno (13.16%),  $\beta$ -cariofileno (17.95%) y  $\beta$ -selineno (10.56%); mientras que el análisis mediante HPLC (cromatografía de líquidos de alta resolución) con detección de UV, detectó gran cantidad de compuestos en el extracto de la grosella india. Este trabajo soporta las propiedades antimicrobianas y antioxidantes de estas plantas, sin embargo, se necesitan otros estudios para poder adecuar el modo de uso ya en la práctica, con el fin de extender la vida de anaquel de los alimentos almacenados (Mayachiew & Devahastin, 2008).

Mayachiew y colaboradores también evaluaron la actividad antimicrobiana del galangal añadido a películas de quitosano comestible frente a *S. aureus* en diferentes condiciones de secado (ambiental, caliente a 40°C, al vacío y a baja presión de vapor), y observaron considerable daño en la morfología de la bacteria

por medio de microscopía electrónica de transmisión, aportando otro uso potencial de las propiedades antimicrobianas de esta planta (Mayachiew, Devahastin, Mackey, & Niranjan, 2010).

### **VIII.1.2. *Alpinia conchigera***

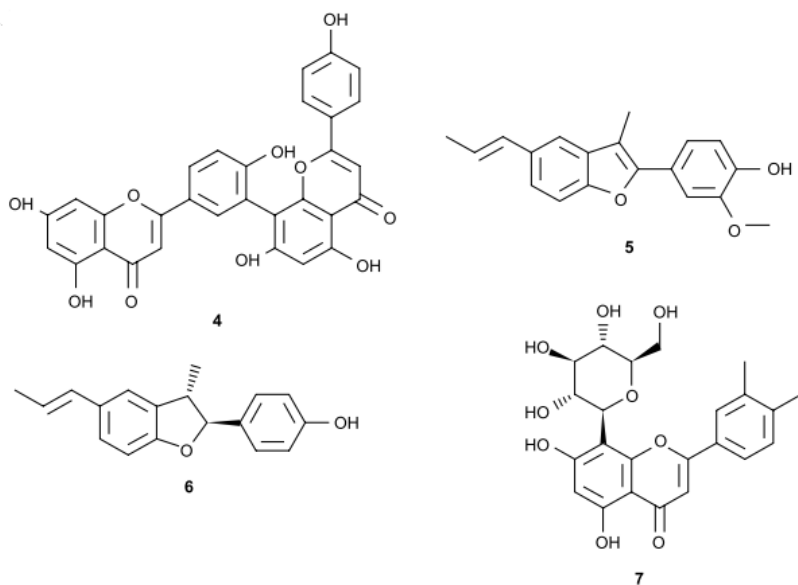
*Alpinia conchigera* es una planta herbácea perenne, de 2-5 pies de altura, que se encuentra en el este de Bengala y hacia el sur hasta la Península de Malasia y Sumatra. Esta especie es semisalvaje, común en terrenos húmedos abiertos como bordes de los campos de arroz y arroyos, así como a la sombra de palmas y árboles de caucho. La rizoma se utiliza como condimento en los estados del norte de la Península Malasia y de vez en cuando en la medicina popular a lo largo de la costa este para tratar infecciones por hongos, también se usa como medicina después del parto.

Se conocen alrededor de 50 compuestos provenientes de esta planta, con propiedades medicinales comprobadas como las antiinflamatorias, es por ello que Ibrahim y colaboradores evaluaron el efecto antimicrobiano de los componentes principales de esta planta,  $\beta$ -bisaboleno (15.3%),  $\beta$ -pineno (8.2%),  $\beta$ -sesquifellandreno (7.6%), cavicol (7.5%) y  $\beta$ -elemeno (6.0%) frente a cuatro bacterias y tres hongos, sin embargo, encontraron poca actividad inhibitoria, por lo que proponen que con la gran variedad de compuestos que tiene esta planta, un efecto antimicrobiano pudiera deberse a otros compuestos no evaluados, por lo que son necesarios más estudios que evalúen a otros componentes (Ibrahim *et al.*, 2009).

### **VIII.1.3. *Ficus microcarpa***

*Ficus microcarpa* es un árbol ornamental ampliamente distribuido en muchas regiones tropicales del mundo. Es originario del sur de China, de las Islas Ryukyu, Australia y Nueva Caledonia. Sus hojas secas, raíces y corteza han sido utilizadas en las islas de Okinawa, Japón, como hierbas populares para el alivio de la fiebre y el dolor desde hace mucho tiempo. Muchos triterpenoides, compuestos fenólicos e isoflavonas (figura 2) han sido aislados de este árbol, y algunos de estos compuestos

han mostrado actividad inhibitoria de la germinación y antifúngica. Ao y colaboradores evaluaron la actividad antioxidante así como antibacteriana de extractos de *Ficus microcarpa*, demostrando que los extractos con metanol de la corteza, frutos y hojas, presentan excelente actividad antioxidante e inhibitoria contra bacterias Gram positivas (*Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *B. brevis*, *Mycobacterium avium*) y Gram negativas (*Achromobacter polymorph*, *Escherichia coli*), siendo los extractos de la corteza los que mejores efectos tuvieron. Además identificaron a 12 compuestos fenólicos mediante GS-MS y análisis por HPLC, a los que se les pudiera atribuir la actividad antioxidante y bactericida (Ao, *et al.*, 2008).



**Figura 2.** Estructura de flavonoides 4-7 (Arif *et al.*, 2009).

#### VIII.1.4. *Nandina domestica*

*Nandina domestica* (también llamada bambú celestial o bambú sagrado), es un arbusto bérbero de la familia Berberidaceae, de género monotípico, con esta especie como su único miembro. Es nativa de Asia oriental, extendida desde el Himalaya hasta Japón. Es un arbusto que llega a medir hasta 2 metros de altura, con numerosas ramas que crecen desde la raíz. Las hojas son perennes (pero a veces perecen en las zonas más frías). Las hojas jóvenes en primavera son de colores brillantes, que van del rosa a rojo para luego ser de color verde, las hojas viejas se

vuelven de color rojo o púrpura de nuevo antes de caerse. Es ampliamente cultivado en jardines como planta ornamental y se ha naturalizado en partes del este de América del Norte. En el sureste de Estados Unidos es considerado por muchos como una plaga debido a su naturaleza invasiva. Algunos incluso se refieren a ella como bambú Hitler por su agresión desenfrenada hacia otras plantas, su propensión a la conquista de todo el patio sin provocación, y su aparente inmortalidad. Sin embargo, poco se sabía sobre la composición química de sus aceites esenciales y las propiedades antibacterianas, por lo que Bajpai y colaboradores examinaron la composición química de los aceites esenciales obtenidos de las partes florales y hojas de *N. domestica* por hidrodestilación, pusieron a prueba la eficacia de los extractos contra una amplia gama de patógenos transmitidos por los alimentos. Las bacterias evaluadas fueron *Bacillus subtilis* ATCC6633, *Listeria monocytogenes* ATCC19166, *Staphylococcus aureus* KCTC1916, *S. aureus* ATCC6538, *Pseudomonas aeruginosa* KCTC2004, *Salmonella Typhimurium* KCTC2515, *Salmonella Enteridis* KCCM12021, *Escherichia coli* 0157-humana, *E. coli* ATCC8739, *E. coli* 057:H7 ATCC43888 y *Enterobacter aerogenes* KCTC2190. La composición química del aceite esencial se analizó mediante GC-MS. Se determinaron 79 compuestos presentes en el aceite. El aceite contenía principalmente carbazol 1-indolizino (19,65 %), 2-pentanona (16,4 %), monofenol (12,1 %), aziridina (9,01 %), metilcarbinol (4,6 %), etanona (3,3 %), furfural (2,96 %), 3,5-dimetilpirazol (1,29 %) y 2 (5H)-furanona (1,32 %). El aceite mostró buena actividad antimicrobiana al inhibir a las bacterias evaluadas, por lo que sus resultados avalan el potencial de extractos orgánicos de *N. domestica* para controlar el crecimiento de bacterias patógenas en los alimentos (Bajpai *et al.*, 2008).

#### **VIII.1.5. *Rosmarinus officinalis***

Como ya se mencionó, las aflatoxinas son compuestos que causan daño hepático en los seres humanos y a la mayoría de especies animales con las que se ha llegado a experimentar, incluso algunas de ellas son consideradas carcinogénicas. La aflatoxina B1 es un metabolito altamente tóxico y cancerígeno producido por especies de *Aspergillus* spp. con impacto comunitario a través de la ingesta de

productos agrícolas contaminados con este hongo. Hoy en día se sabe que muchos compuestos naturales encontrados en plantas y que forman parte de la dieta, tales como extractos de hierbas y extractos de frutas, poseen actividad antimicrobiana contra *Aspergillus parasiticus*, una de las especies más comúnmente responsable de la producción de AFB1.

Con el fin de controlar la producción de aflatoxinas, Rasooli y cols. evaluaron los aceites esenciales de *Rosmarinus officinalis* (romero) y *Trachyspermum copticum* L. El aceite de *T. copticum* L. mostró un efecto inhibitor más fuerte que *R. officinalis* sobre el crecimiento de *A. parasiticus*. Los principales componentes en los aceites de ambas plantas fueron piperitona ( 23,65 % ),  $\alpha$  - pineno ( 14,94 % ) limoneno ( 14,89 % ), 1,8-cineol ( 7,43 % ); timol ( 37,2 % ), *p*-cimeno (32,3 %) y  $\gamma$ -terpineno ( 27,3 % ), respectivamente. Concluyeron que los aceites esenciales podrían ser utilizados de forma segura como materiales de conservación en algunos tipos de alimentos para protegerlos de infecciones fúngicas toxigénicas (Rasooli *et al.*, 2008). Otra planta que ha mostrado buen efecto inhibitor de esta aflatoxina es *Satureja hortensis* L, conocida popularmente como la ajedrea de jardín, atribuyéndose tal actividad a dos componentes principales, el carvacrol y timol (Razzaghi-Abyaneh *et al.*, 2008).

Por otro lado Kim y colaboradores proponen al romero como un desodorizador para ciertos productos, como en carnes donde se quiere mitigar el olor causado por la lipooxidación (Kim, Cadwallader, Kido, & Watanabe, 2013).

Plantas comunes como *Fragaria virginiana*, *Epilobium angustifolium* L., *Potentilla simplex*, *Alnus viridis*, *Betula alleghaniensis*, *Solidago gigantea* y *Gladiolus* spp. han demostrado buena actividad inhibitoria frente a hongos productores de toxinas (Webster *et al.*, 2008; Sharma & Tripathi, 2008; Yoo *et al.*, 2008). El mismo efecto se ha observado con la planta medicinal *Ageratum conyzoides* (conocida en Brasil como Mentrasto o hierbabuena de burro), cuyo extracto ocasiona cambios en la endomembrana de *Aspergillus flavus* (Nogueira *et al.*, 2010). Prakash y colaboradores señalan que *Piper betle* también presenta inhibición del crecimiento en *Aspergillus* spp. y que los compuestos de esta planta pueden usarse como aditivos para la conservación de alimentos almacenados, susceptibles a la contaminación por

hongos y la consecuente reducción de las intoxicaciones causadas por sus metabolitos (Prakash *et al.*, 2010).

Por su parte Nguefack y colaboradores evaluaron el efecto antifúngico de las plantas *Cymbopogon citratus*, *Ocimum gratissimum* y *Thymus vulgaris* frente a dos cepas de los hongos micotoxigénicos *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium expansum* y *P. verrucosum*. Los extractos de *O. gratissimum* exhibieron mejor efecto inhibitorio. Los extractos de *T. vulgaris* y *C. citratus* fueron menos activos frente a las especies de *Penicillium* y *A. ochraceus*, respectivamente (Nguefack *et al.*, 2009).

La ocratoxina A (OTA) es una micotoxina producida por hongos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* como *Aspergillus ochraceus* (también conocido como *Aspergillus alutaceus*) y *Penicillium verrucosum*, con efectos nefrotóxicos, teratogénicos, inmunosupresores y cancerígenos, que ha sido clasificada por la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer como un posible cancerígeno humano (grupo 2B). La OTA fue identificada por primera vez en harina de maíz con moho en Sudáfrica, posteriormente se fue encontrando en productos agrícolas y alimenticios incluyendo cereales, frijoles, granos de café y cerveza. En los últimos años ha crecido el interés por la presencia de OTA en uvas y sus derivados, sobre todo en la industria del vino, donde tiene relevante importancia económica. Varios reportes indican que miembros de *Aspergillus* sección *Nigri*, el llamado *Aspergillus* negro, son las especies ocratoxigénicas dominantes en uvas de vino en todo el mundo. Incluso se ha llegado a relacionar la presencia de OTA en los vinos con su color y área geográfica de producción. Hay evidencia de que las uvas se contaminan con OTA antes de la cosecha, aunque su concentración puede incrementar sustancialmente entre la cosecha y la fermentación alcohólica. La OTA es una molécula bastante estable y no sufre degradación significativa durante el proceso de elaboración del vino. Desafortunadamente, hay pocos plaguicidas químicos que puedan ser efectivos contra los hongos que la producen, además de que el uso intensivo de estos compuestos puede causar diferentes inconvenientes, como la pérdida de competidores naturales, aparición de patógenos resistentes y la presencia de residuos en los productos y en el medio ambiente. En este contexto, es

de suma importancia evaluar la disponibilidad de métodos alternativos para controlar la contaminación por hongos productores de esta toxina. Por lo que Favilla y colaboradores evaluaron el efecto antifúngico de la fusapirona (FP), un metabolito bioactivo producido por el hongo *Fusarium semitectum* y que exhibe actividad antifúngica contra patógenos de plantas y hongos filamentosos patógenos de humanos, incluyendo *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *A. niger* y *A. fumigatus*. Este grupo de trabajo puso a prueba la FP para inhibir a las tres especies principales de hongos ocratoxigénicos del género *Aspergillus* sección *Nigri*: *A. carbonarius*, *A. tubingensis* y *A. niger*, con una CMI de 6.0, 11.6, y 9.9  $\mu\text{g/mL}$  respectivamente, observando mayor inhibición del crecimiento y cambios morfológicos todavía en la mitad de la MIC 7 días después. La aplicación de una solución con 100  $\mu\text{g/mL}$  en uvas inoculadas artificialmente, resultó en una reducción significativa (de hasta 6 órdenes de magnitud) en los recuentos de UFC de *A. carbonarius*, además se observó una reducción dramática de ocratoxina A, en comparación a un control positivo, con cantidades de 100 o 50  $\mu\text{g/mL}$  de FP, por lo que puede considerarse a este compuesto como una alternativa para inhibir el crecimiento de hongos productores de OTA en uvas (Favilla *et al.*, 2008).

#### **VIII.1.6. *Zingiber officinale***

Los rizomas de plantas de jengibre (familia *Zingiberaceae*) han sido ampliamente utilizados como especias o condimentos, se comen ya sea crudos o cocidos como verduras y utilizados para dar sabor a los alimentos. Las principales especies cultivadas comercialmente son *Zingiber officinale*, *Curcuma longa*, y *Alpinia galanga*. En la medicina tradicional, los rizomas de plantas de jengibre son consumidos para aliviar la flatulencia, promover el apetito o lavar las heridas. En Malaysia por ejemplo, las hojas de *C. longa* se usan para envolver el pescado antes de cocerlo al vapor y así resaltar el sabor. Incluso se le han atribuido propiedades antioxidantes e inhibitoras de la tirosinasa, enzima que cataliza la producción de melanina y otros pigmentos por oxidación de fenoles, ocasionando oscurecimiento en el vegetal, también conocido como pardeamiento enzimático.

*Zingiber officinale* es una planta de la familia de las zingiberáceas, cuyo tallo subterráneo es un rizoma horizontal muy apreciado por su aroma y sabor picante. La planta llega a tener 90 cm de altura, con largas hojas de 20 cm. Crece en todas las regiones tropicales del mundo. Las variedades más caras y de mayor calidad generalmente proceden de Australia, India y Jamaica, mientras que las más comercializadas se cultivan en China y Perú. Singh y colaboradores evaluaron el efecto antimicrobiano de esta planta frente a diferentes bacterias y hongos, encontrando un efecto notable contra *Fusarium moniliforme*, patógeno asociado al maíz y arroz (G. Singh *et al.*, 2008).

#### **VIII.1.7. *Etilingera* spp.**

Chan y colaboradores analizaron el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante de hojas provenientes de 26 especies de jengibre pertenecientes a nueve géneros y tres tribus. Compararon la habilidad ión-quelante de hierro de ocho especies; así como la actividad inhibitoria de la tirosinasa en cinco especies de *Etilingera* (*E. elatior*, *E. fulgens*, *E. maingayi*, *E. rubrostriata* y *E. littoralis*). De las 26 especies evaluadas, las de *Etilingera* tuvieron la mayor antioxidante y quelante de hierro. *E. elatior* mostró la mejor actividad de inhibición de la tirosinasa, seguida por hojas de *E. fulgens* y *E. maingayi*, además estas tres especies de *Etilingera* también mostraron una alta actividad antioxidante y propiedades antibacterianas, por lo que podrían ser consideradas una opción en la conservación de alimentos, sin embargo, se necesitan estudios más profundos para evaluar dicha función (Chan *et al.*, 2008).

#### **VIII.1.8. *Satureja hortensis* y *S. cuneifolia***

*Aspergillus flavus* es responsable del deterioro de muchos alimentos y causa descomposición en frutos almacenados dañados por insectos, animales, aberturas prematuras o recolección mecánica. Por otra parte, *A. flavus* es capaz de producir aflatoxinas en los alimentos y piensos. Algunos patógenos postcosecha son controlados por la combinación de tecnologías de almacenamiento, métodos físicos y fungicidas químicos sintéticos pero se necesitan métodos alternativos de control

debido a las percepciones negativas de la población sobre el uso de pesticidas, el desarrollo de la resistencia a los fungicidas, y el alto costo para el desarrollo de nuevos conservadores químicos. Tal es el caso de extractos de plantas que han demostrado inhibición en el crecimiento de patógenos fúngicos.

*Satureja hortensis* (ajedrea de jardín) es una planta aromática y medicinal, que está ampliamente distribuida en la región de Anatolia del este de Turquía. Hay reportes de que el aceite esencial y extracto de *S. hortensis* tienen actividad antifúngica contra *A. flavus* bajo condiciones *in vitro*. Dikbas y colaboradores examinaron la actividad antifúngica del aceite esencial y extracto metanólico obtenidos de *S. hortensis* contra *A. flavus* en medio sólido y líquido. También determinaron la concentración mínima inhibitoria (CMI) contra el crecimiento del hongo y finalmente evaluaron la capacidad para suprimir el crecimiento de *A. flavus* bajo las condiciones de almacenamiento en frutos de limón. El aceite mostró fuerte actividad antifúngica basada en la zona de inhibición y los valores de CMI frente al hongo en ensayos con placas de Petri. También en cultivo líquido las concentraciones de aceite requerido fueron muy bajas. Cuando el aceite fue aplicado en concentraciones de 25, 12.5 y 6.25  $\mu\text{l/mL}$  a los frutos del limón siete días antes de la inoculación con el hongo en condiciones de almacenamiento, el deterioro de los frutos pudo prevenirse completamente, sugiriendo que el aceite esencial de *S. hortensis* tiene fuerte actividad antifúngica contra este patógeno y podría ser usado como parte de los fungicidas botánicos ecológicamente sostenibles (Dikbas *et al.*, 2008).

Otra especie, *Satureja cuneifolia*, que es usada como especia y té, fue evaluada por Oke y colaboradores para probar su actividad antioxidante y antimicrobiana. Los principales componentes de esta planta fueron carvacrol (44.99%) y *p*-cimeno (21.61%). El extracto metanólico de esta planta exhibió actividad antimicrobiana contra todas las bacterias retadas (*E. coli* O157:H7, *Campylobacter jejuni* ATCC 33291, *Shigella sonnei* RSKK 8177, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Listeria monocytogenes* ATCC 7644, *Bacillus cereus* RSKK 867, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 29212, *Salmonella enteritidis* ATCC), así mismo presentó buena actividad

antioxidante, lo que hace de esta planta una buena fuente de antioxidantes y antimicrobianos de origen natural (Oke, *et al.*, 2009).

#### **VIII.1.9. *Thymus* spp.**

Por otro lado, se ha visto que diferentes especies de tomillo como *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* subsp. *Gracilis* y *Thymus hyemalis* presentan individualmente buena actividad antimicrobiana frente a bacterias Gram negativas y Gram positivas de interés en los alimentos, sugiriendo a los componentes de estas plantas como buena alternativa para la preservación de alimentos (Rota, *et al.*, 2008). Los componentes mayoritarios en las especies de tomillo son carvacrol, timol, *p*-cimeno y  $\gamma$ -terpineno, a los que se les atribuye las propiedades antimicrobianas de esta planta (Faleiro *et al.*, 2009).

Jia y colaboradores caracterizaron la composición química, evaluaron la actividad antioxidante así como antimicrobiana de las especies *Thymus marschallianus* y *Thymus proximus*. Los componentes principales en las dos especies fueron timol (28.0% a 32.9%), *p*-cimeno (7.7% a 25.4%) y  $\gamma$ -terpineno (18.0% a 22.4%). Las dos especies de tomillo mostraron buena actividad antioxidante y antimicrobiana, esta última frente a *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, levaduras, *Rhizopus* spp. y *Penicillium* spp. (Jia *et al.*, 2010).

Recientemente, El Abed y colaboradores evaluaron la actividad antimicrobiana de otra especie de tomillo, *Thymus capitata* frente a *Listeria Monocytogenes* inoculada en carne molida. *T. Capitata* es una hierba mediterránea de la familia Lamiaceae que crece principalmente en el norte de Túnez, es muy usada en la cocina y medicina tradicional, ya que se ha visto actúa como antihistamínico, antiséptico, antimicótico, espasmolítico y antiinflamatorio. Identificaron 19 sustancias químicas presentes en el extracto oléico, siendo el carvacrol el componente mayoritario (88.89%). La actividad antimicrobiana frente a *L. monocytogenes* fue valorada mediante difusión en agar y microdilución. Los resultados demostraron actividad inhibitoria que va de moderada a fuerte, por lo que el extracto de esta planta podría ser una alternativa para reducir la

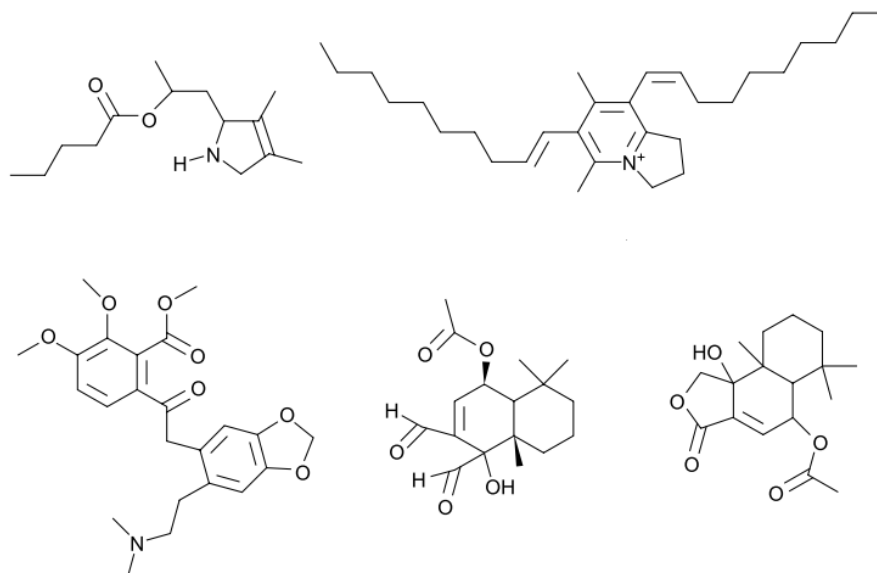
presencia de *L. monocytogenes* al menos en alimentos cárnicos (El Abed *et al.*, 2014).

#### **VIII.1.10. *Ocimum basilicum***

La albahaca común (*Ocimum basilicum*) miembro de la familia Lamiaceae, es una planta anual que crece en varias regiones del mundo. Entre las más de 150 especies del género *Ocimum*, el aceite esencial de *O. basilicum* es el más utilizado comercialmente, se ha usado como agente saborizante en los alimentos así como en perfumería e industrias médicas. Tradicionalmente, las hojas y flores de la planta se han usado para tratar problemas estomacales o espasmódicos en la medicina popular. Sin embargo, recientemente también se le han atribuido propiedades antimicrobianas y antioxidantes, por lo que Hussain y colaboradores investigaron las propiedades antes mencionadas junto con la composición fisicoquímica del aceite esencial obtenido de las partes aéreas de esta planta durante las cuatro estaciones del año. Observaron que la cantidad obtenida de aceite hidrodestilado fue mayor en invierno y menor en verano. El componente principal del aceite fue linalol, seguido de *epi*- $\alpha$ -cadinol y  $\gamma$ -cadineno. Las muestras recolectadas en invierno fueron más ricas en monoterpenos oxigenados, mientras que las obtenidas en verano tuvieron mayor cantidad de hidrocarburos sesquiterpénicos. El contenido de la mayoría de los componentes químicos variaron significativamente durante las diferentes estaciones del año ( $p < 0.05$ ). Los aceites esenciales estudiados presentaron buena capacidad antioxidante y el linalol presentó buena actividad inhibitoria contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pasteurella multocida* y los hongos *Aspergillus niger*, *Mucor mucedo*, *Fusarium solani*, *Botryodiplodia theobromae* y *Rhizopus solani*, por lo que este componente es un buen candidato para usarse en la industria de alimentos, sin embargo, se requieren más estudios para evaluar la eficacia ante otros microorganismos deterioradores de alimentos bajo condiciones de almacenamiento y procesamiento usando diferentes sustratos (Hussain *et al.*, 2008). Esta hierba ha sido evaluada incluso en alimentos frescos listos para el consumo como salchichas, mostrando buena actividad inhibitoria sobre todo para hongos (Saggiorato *et al.*, 2009).

### VIII.1.11. *Eupatorium lindleyanum*

*Eupatorium lindleyanum* es una hierba tradicional china que contiene ingredientes activos farmacológicos como aceite volátil, flavonoides, cumarinas, sesquiterpenos, ésteres y alcaloides (figura 3). Los extractos de la hierba obtenidos por etanol y éster tienen efecto antihistamínico. La hierba puede aliviar la fiebre, la tos, disipar las flemas, reducir la presión arterial, incrementar la micción, así como disminuir la hinchazón. Hasta ahora, los estudios sobre esta planta han sido escasos y aunque se han realizado algunas investigaciones sobre sus componentes y farmacología, aún no se conoce lo suficiente para usarlos como aditivos naturales en la preservación de los alimentos. Por lo tanto, el trabajo de Ji y colaboradores, se centró en estudiar la actividad antimicrobiana de extractos de *E. lindleyanum* contra bacterias que causan deterioro de los alimentos y patógenos transmitidos por los ellos, con la finalidad de explorar el desarrollo de nuevos conservadores a partir de esta hierba. Observaron que el extracto tiene efecto antimicrobiano eficaz frente a bacterias Gram positivas (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *B. cereus* y *Enterococcus faecium*) y Gram negativas (*Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Proteus vulgaris* y *Pseudomonas fluorescens*), con una CMI y una concentración mínima bactericida (CMB) que va de 0.4-0.8 mg/ml con extracto obtenido por decocción con agua. Además obtuvieron evidencia de que el ambiente ácido ayuda a mejorar esta actividad antimicrobiana. Cuando se utilizó este extracto en zumo de naranja comercial a una concentración de 0.4 mg/ml<sup>-1</sup>, tuvo un efecto antimicrobiano similar al observado con sorbato de potasio a la concentración de 0.2 mg/ml<sup>-1</sup>. En conclusión, además de su uso como ingrediente alimenticio funcional, *E. lindleyanum* puede ser utilizada como un inhibidor de crecimiento bacteriano para preservar productos alimenticios, toda vez que se requiera el uso de un conservador de origen natural (Ji *et al.*, 2008).



**Figura 3.** Estructura química de alcaloides (Ji *et al.*, 2008).

### VIII.1.12. *Origanum* spp.

Las plantas silvestres o “malas hierbas”, son un problema en la agricultura ya que causan pérdidas por el bajo rendimiento de los cultivos, por lo que se ha incrementado en uso de herbicidas. Sin embargo, el uso intensivo de herbicidas sintéticos puede causar contaminación del suelo y agua, así como el desarrollo de hierbas resistentes. Los herbicidas a altas concentraciones también pueden incrementar el riesgo de tener residuos tóxicos en productos agrícolas, por lo que algunos investigadores se han enfocado a estudiar nuevos bio-herbicidas con nuevos y más selectivos mecanismos de acción, a comparación de los herbicidas sintéticos. Por otro lado, las plagas de insectos a menudo causan grandes pérdidas en los granos almacenados y sus productos en ambientes tropicales y semitropicales, por lo que se hace necesario el uso de insecticidas o repelentes ambientalmente seguros para su uso en granos de alimentos. En este sentido, los metabolitos secundarios derivados de las plantas pueden jugar un papel importante en la resistencia de las plantas a los insectos. Por lo tanto, los aceites esenciales y extractos de plantas podrían conducir al descubrimiento de nuevos agentes para el control de plagas. Tal es el caso de plantas del género *Origanum* (orégano), perteneciente a la familia

Lamiaceae que comprende cerca de 900 especies ampliamente distribuidas alrededor del mundo. En Turquía por ejemplo, se conocen 20 especies. Esta planta se ha usado tradicionalmente como especia en la preparación de platillos y se ha visto que algunas especies tienen efecto sedante, diurético, antiséptico y se usan en el tratamiento de enfermedades gastrointestinales. A la fecha ya existen algunos reportes sobre la composición química y actividad biológica de algunas especies como *Origanum acutidens*, una especie de crecimiento endémico en el noreste de Turquía. La composición del aceite esencial de esta especie ya está descrita, sin embargo, se sabe muy poco sobre sus propiedades biológicas, específicamente sobre su actividad antimicrobiana y antioxidante, por lo que Kordali y colaboradores llevaron a cabo un estudio para determinar la actividad antifúngica, herbicida, fitotóxica e insecticida del aceite esencial extraído de las partes aéreas de *O. acutidens* aislado de Turquía, y sus constituyentes monoterpenos aromáticos: carvacrol, *p*-cimeno y timol. Los extractos se analizaron por cromatografía de gases y GC-MS obteniendo: carvacrol (87.0 %), *p*-cimeno (2.0 %), acetato de linalol (1,7 %), borneol (1.6 %) y  $\beta$ -cariofileno (1.3 %) como constituyentes principales. Los ensayos antifúngicos mostraron que el aceite de *O. acutidens* junto con el carvacrol y timol inhibieron completamente el crecimiento micelial de 17 hongos fitopatógenos y sus efectos fueron superiores al fungicida agrícola comercial benomil. Sin embargo, el *p*-cimeno tuvo menor actividad antifúngica. El aceite, el carvacrol y el timol inhibieron por completo la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* y *Rumex crispus*; también mostraron un efecto fitotóxico potente contra estas plantas. Sin embargo, el *p*-cimeno no mostró ningún efecto fitotóxico. Además, el aceite de *O. acutidens* mostró una mortalidad del 68.3% y 36.7% contra los insectos adultos *Sitophilus granarius* y *Tribolium confusum* (gorgojos del grano), respectivamente. Los hallazgos del presente estudio sugieren que las propiedades antifúngicas y herbicidas del aceite de *O. acutidens* pueden ser atribuidas a su componente principal, el carvacrol, y que éste junto con sus otros componentes, pueden tener potencial para ser utilizados como fungicidas, herbicidas e insecticidas (Kordali *et al.*, 2008).

Por otro lado, Korukluoglu y cols., hicieron lo propio con el aceite de la especie *Origanum onites* L., ya que determinaron su actividad inhibitoria contra los hongos *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. parasiticus*, *Fusarium semitectum*, *F. oxysporum*, *Mucor racemosus* y *Penicillium roqueforti*. Lo realizaron con orégano fresco y seco, a fin de explorar la relación entre la actividad antifúngica y la composición fresca de la planta. Los componentes fueron analizados por GC-MS, siendo el *p*-cimeno, timol y carvacrol los principales, seguidos del borneol. La actividad antifúngica de la hierba fresca fue mayor que la de la hierba seca. Los valores de CMI para los extractos con metanol en la hierba fresca y seca fueron de 150-950 mg/ml y 750 a 950 mg/ml, respectivamente. Los valores de concentración mínima fungicida (CMF) para extractos con metanol se determinaron entre 300 y 1.200 mg/ml en orégano fresco y entre 750 y 1.100 mg/ml en orégano seco. Las extracciones del aceite tanto del orégano fresco y seco inhibieron por completo el crecimiento de los hongos evaluados. La actividad antifúngica más alta fue exhibida por extractos del orégano fresco contra *A. alternata*, seguido por *P. roqueforti*. El mayor efecto antifúngico se observó a partir de extractos con metanol. Con lo anterior, este grupo de trabajo concluye que el orégano puede ser una fuente importante de compuestos naturales activos útiles para el desarrollo de fármacos antifúngicos eficaces (Korukluoglu *et al.*, 2008; Lv, Liang, Yuan, & Li, 2011).

Bendahou y colaboradores evaluaron el efecto antimicrobiano de otra variedad de orégano, *Origanum glandulosum*, los aceites esenciales de esta especie fueron obtenidos por hidrodestilación, microondas, cromatografía de gases y espectrofotometría de masas. Los principales componentes del extracto fueron timol,  $\gamma$ -terpineno, *p*-cimeno y carvacrol. El método de extracción por microondas fue más selectivo para el timol, obteniéndose hasta en una concentración del 65%. El examen de la actividad antimicrobiana del aceite contra 10 bacterias, 2 levaduras y 4 hongos filamentosos reveló que el aceite de *O. glandulosum* es más antifúngico que antibacteriano. Este estudio sugiere que el aceite esencial *O. glandulosum* tiene potencial de ser utilizado como conservador de alimentos y para prevenir el crecimiento de bacterias nosocomiales (Bendahou *et al.*, 2008).

Avila-Sosa y colaboradores evaluaron la actividad inhibitoria del aceite esencial de orégano mexicano (*Lippia berlandieri* Schauer) adicionado a películas comestibles de amaranto, quitosán y almidón a diferentes concentraciones (0%, 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1%, 2% y 4%) frente a *Aspergillus niger* y *Penicillium* spp. El aceite esencial fue caracterizado por GS-MS. El crecimiento radial de los hongos se evaluó inoculando esporas de dos maneras: las películas fueron colocadas sobre el agar inoculado y las películas fueron colocadas primero sobre el agar y después fueron inoculadas; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas de crecimiento con los dos métodos de inoculación. La mejor actividad antifúngica de las películas comestibles fue con el almidón, quitosán y amaranto, respectivamente (Avila-Sosa, *et al.* 2010).

El orégano también se ha evaluado frente a patógenos como *Salmonella* Typhimurium presente en verduras como jitomates, donde se ha visto buena actividad antibacteriana, sugiriendo que extractos de esta hierba pueden incrementar la calidad microbiana de algunas verduras (Gündüz, Gönül, & Karapinar, 2010).

Por otro lado Castilho y colaboradores concluyen que el extracto de *Origanum vulgare* subsp. *Virens* es efectivo frente a levaduras y bacterias comúnmente encontradas en los alimentos, excepto para *Pseudomonas aeruginosa*; hecho que pudiera atribuirse al compuesto 1-hexacosanol, que se encuentra acumulado en la bráctea y en las flores (Castilho, Savluchinske-Feio, Weinhold, & Gouveia, 2012).

#### **VIII.1.13. *Origanum heracleoticum***

*Origanum heracleoticum* es una planta nativa de la Europa mediterránea, desde España hasta el norte de los Balcanes y Asia. El aceite esencial, rico en fenoles, se utiliza principalmente en las industrias farmacéutica y alimentaria, se aplica en aromaterapia para mitigar el asma, bronquitis, reumatismo y problemas digestivos. Se ha demostrado que este aceite posee actividad citotóxica y antioxidante, por lo que Dzamic y colaboradores evaluaron la actividad antifúngica del aceite, identificando veinticuatro compuestos, que representan 97.16 % de aceite total. El compuesto principal fue el carvacrol (65.25 %), seguido de timol (14.84 %) y  $\beta$ -

felandreno (4.36 %). El aceite de *O. heracleoticum* presentó actividad antifúngica con CMI de 0.1-1 $\mu$ l/mL contra *Cladosporium fulvum*, *C. cladosporioides*, *Phomopsis helianthi*, *Phoma magdonaldii* y *Trichophyton mentagrophytes*, que fueron los más susceptibles, mientras que *Trichoderma viride*, *Fusarium sporotrichoides*, especies de *Penicillium* (*Penicillium funiculosum*, *P. ochrochloron*) y *Aspergillus* (*Aspergillus niger*, *A. ochraceus*, *A. flavus* y *A. terreus*) fueron las más resistentes (Dzamic *et al.*, 2008).

Además algunos estudios han concluido que la combinación de aceites esenciales (AE) puede tener un efecto antimicrobiano sinérgico, por lo que Gutiérrez y colaboradores evaluaron los efectos de una serie de concentraciones de AE obtenidos a partir de albahaca, hoja de limón, mejorana, orégano, romero, salvia y tomillo en contra de las bacterias *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y *Pseudomonas aeruginosa* mediante el método de goteo en agar, además determinaron los efectos interactivos entre proteínas, hidratos de carbono (ingredientes alimentarios) y los niveles de aceite y pH, con el fin de optimizar las aplicaciones en los alimentos. Observaron que todas las combinaciones con orégano mostraron eficacia aditiva contra *B. cereus*, combinado con mejorana, tomillo o albahaca presentaron efecto contra *E. coli* y *P. aeruginosa*. Las mezclas de mejorana o tomillo también mostraron buenos resultados en combinación con albahaca, romero o savia en contra de *L. monocytogenes*. El efecto de los AE de orégano y tomillo con el tipo de ingrediente alimentario y el pH, fue evaluado en medios de almidón de papa (0.1, 5 o 10%), extracto de carne (1.5, 3, 6 o 12%), aceite de girasol (0.1, 5 o 10%) con valores de pH de 4, 5, 6 o 7. Se encontró que la eficacia antimicrobiana del AE estaba en función del ingrediente alimentario, siendo más eficaces a altas concentraciones de proteínas a un pH de 6 o 7. Este estudio sugiere que las combinaciones de OE podrían minimizar las concentraciones individuales de aplicación y en consecuencia, reducir cualquier impacto adverso sensorial en los alimentos. Sin embargo, su aplicación para el control microbiano podría verse afectada por la composición de los alimentos, por lo tanto, es necesaria una selección cuidadosa de OE acorde con la naturaleza sensorial y la composición del

alimento. Este grupo de trabajo concluye que las combinaciones de AE podrían ser más efectivas contra patógenos transmitidos por los alimentos o que causan deterioro, cuando son aplicados a alimentos que contengan un nivel alto de proteína a pH ácido, así como bajos niveles de grasas o hidratos de carbono (Gutierrez *et al.*, 2008).

Otra buena combinación es la de canela con clavo, Goñi y colaboradores evaluaron el efecto inhibitorio de estos dos aceites frente a cuatro bacterias Gram negativas (*Escherichia coli*, *Yersinia enterocolitica*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Salmonella choleraesuis*), evidenciando que el efecto sinérgico de la combinación es más eficiente, proponiendo a esta mezcla como candidata para prevenir la proliferación de microorganismos y así preservar y garantizar la calidad sanitaria del alimento (Goñi *et al.*, 2009).

Avila-Sosa y colaboradores evaluaron la actividad antimicrobiana de aceites esenciales de orégano mexicano (*Lippia berlandieri Schauer*), canela (*Cinnamomum verum*) y hierba de limón (*Cymbopogon citratus*) adicionados a películas comestibles para inhibir a los hongos *Aspergillus niger* y *Penicillium digitatum* mediante contacto de vapor. Los aceites fueron caracterizados por GS-MS y se formularon películas comestibles de amaranto, quitosán y almidón adicionados con diferentes concentraciones de los mismos. La actividad antifúngica fue evaluada mediante la determinación del crecimiento radial en medio agar, inoculado con los hongos después de la exposición a los vapores derivados de los aceites añadidos a las películas de amaranto, quitosán y almidón mediante la técnica de la tapa invertida. Las curvas de crecimiento fueron descritas de acuerdo al modelo de Gompertz modificado, siendo las películas de quitosán las que presentaron mejor actividad antifúngica, (inhibición de *A. niger* con una concentración de 0.25% de orégano mexicano y canela; inhibición de *P. digitatum* con una concentración de 0.5% de los aceites esenciales), por lo que este grupo de trabajo propone que las películas comestibles de quitosán adicionadas con aceite esencial de orégano mexicano o canela, pueden mejorar la calidad de los alimentos por la acción antifúngica de los

compuestos volátiles presentes en la superficie del alimento recubierto con la película (Avila-Sosa *et al.*, 2011b).

#### **VIII.1.14. *Juglans regia***

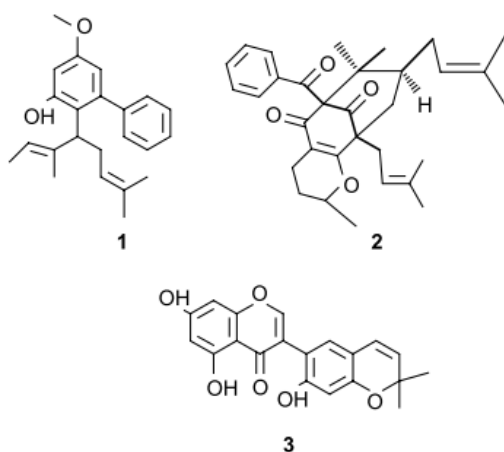
El nogal (*Juglans regia*) es un cultivo valioso y popular en gran parte del mundo. En Portugal por ejemplo, esta especie se encuentra ampliamente extendida por todo el país y no sólo la fruta seca (nueces) tiene uso, sino también las nueces verdes, conchas, huesos, corteza, cáscara de nuez verde (epicarpio) y hasta las hojas, que se han utilizado tanto en cosmética como en la industria farmacéutica. Oliveira y colaboradores estudiaron los extractos de cinco variantes de nogal (Franquette , Mayette , Marbot , Mellanaise y Parisienne ), demostrando que el contenido de fenoles totales tiene actividad antimicrobiana frente a bacterias Gram positivas, Gram negativos y hongos, así como una muy buena actividad antioxidante. Todos los extractos inhibieron el crecimiento de bacterias Gram positivas, siendo *Staphylococcus aureus* el más susceptibles con una CMI de 0,1 mg/ml para todos los extractos. Los resultados obtenidos indican que las cáscaras de nuez verde pueden llegar a ser importantes en la obtención de una fuente notable de compuestos bioactivos, con potencial antimicrobiano, dando así un nuevo enfoque a esta parte de la planta (Oliveira *et al.*, 2008).

#### **VIII.1.15. *Punica granatum***

Las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) como la listeriosis y las enfermedades causadas por la aparición de patógenos resistentes a múltiples medicamentos (por ejemplo, *Staphylococcus aureus*) son reconocidas mundialmente por los riesgos ambientales para el suministro de alimentos y la salud humana. Al-Zoreky evaluó la actividad antimicrobiana de diversos extractos de la piel del fruto de la granada (*Punica granatum*) frente a algunos patógenos transmitidos por los alimentos, usando una metodología *in vitro* (difusión en agar) y otra *in situ* (directo al alimento). El extracto metanólico de las cáscaras resultó ser un potente inhibidor de

*Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Yersinia enterocolitica*. La CMI contra *Salmonella enteritidis* fue la más alta (4 mg/ml).

El extracto de granada redujo la carga *L. monocytogenes* en pescado durante su almacenamiento a 4 °C. Análisis fitoquímicos revelaron la presencia de inhibidores activos en las cáscaras de granada, incluyendo compuestos fenólicos y flavonoides. La actividad inhibitoria de esta fruta se relaciona con su alto contenido de fenoles totales (262,5 mg/g) (Al-Zoreky, 2009) (figura 4).



**Figura 4.** Estructura química de fenoles 1-3 (Arif *et al.*, 2009).

#### VIII.1.16. *Mentha suaveolens*

Por otro lado, Petretto y colaboradores estudiaron la composición química y la actividad antimicrobiana de *Mentha suaveolens* ssp. *Insulares* frente a bacterias probióticas. Identificaron a 34 compuestos oxigenados monoterpenos (82,5%), entre ellos la pulegona fue el compuesto principal (46,5%). Por el método de difusión en agar, determinaron que el extracto de esta planta no tiene efecto significativo sobre bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus acidophilus* 314ATCC, *Lb casei* subsp. *casei* 393 ATCC, *Lb plantarum* 8014 ATCC, *Lb rhamnosum* 7469 ATCC, *Lb paracasei* subsp. *paracasei* 5622 DSM, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 20481 DSMZ, *Lb plantarum* PC23, *Staphylococcus xylosus* SA23), mientras que todas las levaduras evaluadas (*Saccharomyces cerevisiae*, *Kloeckera apiculata*, *Candida zemplinina*,

*Metschnikowia pulcherrima*, y *Tetrapisispora phaffii* CBS 4417) fueron inhibidas. Los resultados obtenidos en este trabajo permiten proponer una combinación entre *Mentha suaveolens* y bacterias probióticas en el alimento, ya sea de manera directa o en recubrimiento encapsulado y películas comestibles para la conservación de alimentos (Petretto *et al.*, 2014).

#### **VIII.1.17. *Illicium verum*, *Eugenia caryophyllata***

*Illicium verum* (anís en forma de estrella) es originario del sudeste de China, Vietnam, India y Japón. El aceite esencial de esta planta es rico en trans-anetol, se utiliza principalmente en la industria alimentaria y farmacéutica. El aceite de anís estrella exhibe una alta actividad antioxidante, insecticida, fumigante y potencialmente antimicrobiana. Otra especie ampliamente utilizada en la cocina y por sus propiedades medicinales es *Eugenia caryophyllata* (clavo de olor), crece de manera silvestre en Indonesia y ahora se cultiva en Filipinas, las Islas Molucas y Madagascar, entre otros. Este aceite se utiliza ampliamente como un ingrediente de sabor en los alimentos, así como en bebidas alcohólicas y no alcohólicas. El aceite de clavo posee un fuerte potencial antioxidante, acaricida, antifúngico, antiviral, antitumoral y actividad anestésica. Dzamic y colaboradores investigaron la actividad antifúngica de estos aceites, encontrando mejor inhibición con *E. caryophyllata*, aunque hongos como *Trichoderma viride*, *Penicillium* spp., y algunas especies de *Aspergillus* fueron resistentes. Este estudio confirmó la actividad antifúngica del anís estrella y el clavo de olor, siendo el anetol el compuesto activo responsable de tal actividad en el anís y de compuestos fenólicos como el eugenol en el clavo; aunque no se descarta la participación de otros componentes que se pudieran encontrar en menores proporciones (A. Dzamic *et al.*, 2009).

#### **VIII.1.18. *Critmum maritimum***

*Critmum maritimum* (perejil marino) es una planta valorada por su sabor salado, picante, alto contenido de vitamina C y sales minerales. Su esencia puede añadirse a los alimentos para estimular el apetito, ayuda a la digestión y alivia la flatulencia. Las

hojas se han utilizado con fines medicinales como tónico, antiescorbútico, diurético, carminativo y digestivo. También se le han atribuido propiedades antioxidantes, antibacterianas e insecticidas. Glamoclija y colaboradores evaluaron la actividad inhibitoria frente al hongo *Mycogone pernicioso*, agente patógeno en setas, mostrando buena actividad antifúngica, lo que hace útil a esta planta en propósitos prácticos para minimizar las pérdidas por este hongo patógeno (Glamoclija *et al.*, 2009).

#### **VIII.1.19. *Salvia potentillifolia***

El género *Salvia* tiene cerca de 900 especies y ampliamente distribuido alrededor del mundo. *Salvia potentillifolia* es una planta herbácea de la familia de las lamiáceas, es endémica y crece en hábitats abiertos en el este de Mediterráneo. En Mugla, Turquía, es conocida como “Adaçayı” y se ha usado como medicina ancestral. Kivrak y colaboradores evaluaron las actividades antioxidantes, anticolinesterásica y antimicrobiana en esta planta, detectaron 123 componentes, el aceite esencial mostró actividad butirilcolinesterasa significativa y el  $\alpha$ -pineno mostró alta actividad inhibitoria acetilcolinesterasa, mientras que el  $\beta$ -pineno fue inactivo. Observaron buena actividad inhibitoria contra *Bacillus subtilis* y *B. cereus*; así como actividad inhibitoria frente a *Candida albicans* y *C. tropicalis*. Con este trabajo se ponen de manifiesto no sólo las propiedades antimicrobianas, sino también las protectoras frente a la oxidación y daño por radicales libres, lo que ofrece de esta planta una buena opción para explorarse en la seguridad alimentaria y el desarrollo de aditivos seguros (Kivrak *et al.*, 2009).

#### **VIII.1.20. *Ficus ovata***

Las enfermedades infecciosas representan un serio problema de salud a nivel mundial, que aunado a la aparición de cepas resistentes a los antibióticos, crean un panorama poco alentador. Sin embargo, esta situación es más complicada en lugares como África, como una consecuencia de la pobreza que vive la mayoría de la población, hecho que explica porque cerca del 80% de la gente es dependiente de

remedios medicinales. Las plantas usadas incluyen a los miembros de la familia Moraceae y dentro de esta familia el género *Ficus* está bien documentado de poseer propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antidiarréicas, antimicrobianas, antiespasmódicas, antipiréticas y gastroprotectoras. Sin embargo, no hay reportes de carácter científico sobre la actividad biológica de la especie *Ficus ovata*, aunque se usa en combinación con otras plantas como *Cassia occidentalis* y *Setaria megaphylla* para tratar enfermedades infecciosas. Es por ello que Kuete y colaboradores evaluaron la actividad antimicrobiana de extractos de *F. ovata* frente a dos especies de hongos, tres bacterias Gram positivas y cinco Gram negativas, demostrando lo que ya se sabía, además de proponer a ciertos componentes de esta planta como posibles opciones en el desarrollo de nuevos antimicrobianos (Kuete *et al.*, 2009).

#### **VIII.1.21. *Allium sativum***

Pero como ya se ha mencionado, no solo la presencia del microorganismo puede causar daño al humano, sino que la producción de ciertos compuestos propios de su metabolismo pueden ser perjudiciales, tal es el caso de las aminas como la histamina y la tiramina presentes en productos fermentados, que pueden ser un riesgo para los consumidores si la capacidad para metabolizarlas en el cuerpo humano se ve saturada. Es por ello que se han realizado estudios para probar ciertos compuestos obtenidos de plantas que puedan inhibir el crecimiento de microorganismos productores de altas concentraciones de aminas, tal es caso del trabajo de Mah y colaboradores, donde evaluaron el efecto inhibitorio del ajo, jengibre, cebolla verde, pimiento rojo, clavo de olor y canela frente a *Bacillus licheniformis*, una bacteria que incrementa el contenido de aminas en anchoas fermentadas (*Myeolchi-jeot*), producto muy consumido en Japón, durante su almacenamiento. El mejor efecto antimicrobiano se observó con el ajo, así mismo *in situ* con una concentración del 5% (en base al peso) del extracto de ajo, el contenido de aminas como putrescina, cadaverina, histamina, tiramina y espermidina se redujo hasta en un 8.7% con respecto a un control, lo que propone al extracto del ajo como un buen aditivo para evitar características no deseadas por la sobre producción de aminas al menos en

este alimento japonés, por lo que en un futuro se puede experimentar para otros productos alimenticios que pudieran verse afectados (Mah *et al.*, 2009).

De la misma forma, Dávila-Márquez y colaboradores evaluaron la actividad antimicrobiana de extractos del poro (*Allium ampeloprasum* Var. *porrum*) obtenidos por métodos discontinuos (Tintura) y continuos (Soxhlet), empleando la prueba de difusión en agar y cinéticas de crecimiento bacteriano. Los resultados demostraron que el extracto alcohólico no presenta actividad antimicrobiana, mientras que en las cinéticas de crecimiento bacteriano se probaron diferentes concentraciones del extracto oleoso logrando la inhibición de *Escherichia coli* (91%), *Staphylococcus aureus* (72%,) y *Bacillus cereus* (65%). Este grupo de trabajo concluyó que el extracto oleoso del poro es un antimicrobiano natural eficaz *in vitro*, por lo que puede ser considerado una buena opción para inhibir el crecimiento de microorganismos (Dávila-Márquez *et al.*, 2013).

#### **VIII.1.22. *Coriandrum sativum***

Otra planta muy utilizada como ingrediente culinario es el cilantro (*Coriandrum sativum*), como se le conoce normalmente, y aunque se sabe que en la práctica posee actividad antimicrobiana, poco se sabe sobre los componentes que participan y el espectro de microorganismos frente a los que tiene actividad. Es por ello que Matasyoh y colaboradores obtuvieron los componentes de *C. sativum* mediante cromatografía de gas y espectrofotometría de masas y evaluaron la actividad antimicrobiana hacia bacterias Gram positivas (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus* spp.), Gram negativas (*Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Klebsiella pneumonia*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*) y el hongo patógeno *Candida albicans*. Detectaron 24 componentes químicos en el aceite, en su mayoría aldehidos y alcoholes con un 56.1% y 46.3%, respectivamente. Los constituyentes mayoritarios fueron 2E-decenal (15.9%), decanal (14.3%), 2E-decen-1-ol (14.2%) y n-decanol (13.6%). Encontraron buena actividad antibacteriana y antifúngica en los microorganismos evaluados, excepto para la bacteria *P. aeruginosa*, que presentó

resistencia. Con este trabajo se respalda la actividad antimicrobiana de esta planta que también es usada por sus propiedades farmacológicas (Matasyoh *et al.*, 2009).

#### **VIII.1.23. *Cinnamomum zeylanicum***

Los hongos dematiáceos (hongos negros) son microorganismos patógenos que generan micosis con diferentes grados de severidad en humanos y animales, además de que causan pérdidas en alimentos almacenados, como deformación y decoloración en los granos de maíz. La información respecto a la eficacia antimicrobiana de extractos de plantas sobre estos hongos es escasa, por lo que Mishra y colaboradores realizaron la caracterización fitoquímica y el efecto antimicrobiano de una especie de árbol de canela originario de la India, *Cinnamomum zeylanicum*, frente a los hongos dematiáceos *Alternaria solani* y *Curvularia lunata*. Realizaron extractos de la corteza y las hojas con diferentes solventes y probaron tres diferentes concentraciones para los ensayos inhibitorios frente a los hongos, observaron efecto antifúngico en las diferentes concentraciones, siendo el extracto acuoso el más eficaz, por lo que puede considerarse a esta planta como un buen candidato para prevenir los daños ocasionados por estos hongos en los granos almacenados (Mishra *et al.*, 2009).

Unlu y colaboradores también reportan actividad antimicrobiana de la corteza de *Cinnamomum zeylanicum* sobre 21 especies bacterianas (*Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Enterococcus* spp., *Bacillus cereus*, *Acinetobacter lwoffii*, *Enterobacter aerogenes*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Mycobacterium smegmatis*, *Clostridium perfringens* y *Listeria* spp.) y 4 *Candida* spp. (Unlu, Ergene, Unlu, Zeytinoglu, & Vural, 2010).

#### **VIII.1.24. *Lonicera japonica***

La planta *Lonicera japonica* es una especie botánica perteneciente a la familia de las Caprifoliáceas, nativa del este de Asia, Japón, Corea, China, Taiwán y una

importante especie invasora en Norte América. *L. japonica* es usada en la medicina tradicional y se le han atribuido muchas funciones biológicas, tales como hepato protectoras, antimicrobianas, antioxidantes, antivirales y antiinflamatorias. Sin embargo, la caracterización de sus componentes y el rango de inhibición antimicrobiana no han sido evaluados por completo, es por ello que Rahman y Kang examinaron la composición química del aceite esencial proveniente de las flores de *L. japonica* y valoraron la actividad antimicrobiana del aceite y los extractos etanólicos de las hojas de esta planta. Detectaron 39 compuestos que representan el 92.34% del aceite total, dentro de los cuales trans-nerolidol (16.31%), óxido de cariofileno (11.15%), linalol (8.61%), *p*-cimeno (7.43%), ácido hexadecanóico (6.39%), eugenol (6.13%), geraniol (5.01%), óxido de trans-linalol (3.75%), globulol (2.34%), ácido pentadecanóico (2.25%), veridiflorol (1.83%), alcohol bencílico (1.63%) y alcohol fenético (1.25%) fueron los componentes mayoritarios. El aceite y los extractos revelaron un efecto antibacteriano significativa contra *Listeria monocytogenes* ATCC 19116, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *B. cereus* SCK 11, *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538 y KCTC 1916), *Salmonella enteritidis* KCTC 12021, *S. typhimurium* KCTC 2515, *Enterobacter aerogenes* KCTC 2190 y *Escherichia coli* ATCC 8739. Sin embargo, no se observó efecto inhibitorio hacia *Pseudomonas aeruginosa* KCTC 2004 y *E. coli* O157:H7 ATCC 43888. Estos hallazgos demuestran que los componentes de esta planta pueden ser fuente potencial de preservativos en la industria alimentaria o farmacéutica (Rahman & Kang, 2009).

#### **VIII.1.25. *Cinnamosma fragrans***

*Cinnamosma fragrans* (nombres locales: Motrobeatiniana, Mandravarotra), es un árbol endémico de Madagascar, perteneciente a la familia Cannelaceae. Se encuentra ampliamente distribuido en el noreste de Madagascar y crece en los bosques, pero también cerca de las costas. *C. fragrans* es usada tradicionalmente para tratar infecciones respiratorias, parasíticas y gastrointestinales o incluso para la malaria. Se han reportado muchos aceites esenciales provenientes de otras especies como buenos antibacterianos o antifúngicos. Sin embargo, es poco lo que hay

documentado acerca de su composición química y espectro antimicrobiano. Es por ello que Randrianarivelo y colaboradores determinaron la composición química de aceites esenciales provenientes de diferentes muestras de *C. fragrans* recolectadas de dos sitios dentro de la distribución geográfica de esta planta en Madagascar. Posteriormente examinaron la actividad antimicrobiana de dos muestras que presentaron alto contenido de linalol o 1,8-cineol, frente a una galería de bacterias Gram negativas (*Salmonella typhimurium*, *Vibrio* sp. y *E. coli*) y Gram positivas (*Micrococcus luteus*, *Bacillus subtilis* y *Staphylococcus aureus*). Identificaron 57 componentes, dentro de los principales estuvieron linalol y 1,8-cineol. Las bacterias más sensibles fueron *B. subtilis* y *S. aureus* mientras que las otras fueron inhibidas con una concentración mínima inhibitoria diferente ya fuera con linalol o 1,8-cineol por separado o en combinación, lo que demostró que puede haber efectos sinérgicos o antagónicos entre los diferentes constituyentes de los extractos (Randrianarivelo *et al.*, 2009).

#### **VIII.1.26. *Stenoloma chusanum***

*Stenoloma chusanum* es un helecho silvestre que pertenece al taxón Pteridophyta Lindsaeae y está ampliamente distribuido a lo largo del sur del río Changjiang en China. Se usa como medicina popular en algunas provincias de China, para mitigar enfermedades como la hepatitis, disentería, intoxicación alimentaria, intoxicación por plaguicidas y lesiones por quemaduras o heridas. Se ha visto que extractos de esta planta presentan actividad antibacteriana y antifúngica y se conocen dos compuestos químicos que pudieran ser los responsables de tal efecto, la orientina y la vitexina. Ren y colaboradores además de describir los dos compuestos anteriormente mencionados, caracterizaron la estructura química y el efecto antifúngico de otros dos compuestos fenólicos, el ácido vanílico y el ácido gentísico. Los compuestos mostraron efecto inhibitorio frente a *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Trichophyton rubrum*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Microsporum canis*, *Epidermophyton floccosum*, y *Aspergillus niger*, sin embargo, cuando estos compuestos forman glicósidos el efecto es menor (Ren *et al.*, 2009).

### VIII.1.27. *Laserpitium garganicum*

*Laserpitium garganicum* subespecie *Garganicum* es una planta herbácea perenne perteneciente a la familia Apiaceae. Su distribución se limita a la zona sur de la península de los Balcanes e Italia. En Italia, esta planta se encuentra en los Apeninos centrales, Sicilia y Cerdeña. Pocos estudios han informado de los componentes biológicamente activos aislados de *L. Siler*, principalmente lactonas sesquiterpénicas, sin embargo, en *L. garganicum* no se han determinado. Tirillini y colaboradores evaluaron la actividad inhibitoria del aceite esencial de esta planta frente a los hongos patógenos y oportunistas *Trichoderma viride*, *Penicillium pinophilum*, *P. chrysogenum*, *Aspergillus niger*, *A. terreus* y *Chaetosphaeridium globosum*. Identificaron a 56 compuestos, que representan el 92.3% del total del aceite, los principales fueron mirceno (15.7%),  $\beta$ -felandreno (14.4%), sabineno (9.7%) y  $\gamma$ -muroleno (7.8%). El extracto mostró buena actividad antifúngica hacia los microorganismos evaluados, resaltando la alta sensibilidad de *A. niger* (Tirillini *et al.*, 2009).

### VIII.1.28. *Vitis vinifera*

Las pasas o uvas pasas, han sido un ingrediente común en alimentos como cereales y bocadillos desde la antigüedad. Las pasas contienen altos niveles de conservadores naturales como el ácido propiónico, y se ha demostrado que tiene actividad antimicrobiana. Las pasas permiten al panadero reducir o eliminar el uso de conservadores sintéticos y extender la vida útil de los productos de una manera natural, evitando así los efectos indeseados en productos de panadería ocasionados por especies de *Bacillus* spp., *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp., por mencionar algunos. Wei y colaboradores evaluaron la capacidad de inhibición del extracto etanólico de *Vitis vinifera* y de un jugo de uvas comercial frente a los microorganismos *Bacillus licheniformis*, *B. subtilis*, *Aspergillus flavus* y *Penicillium chrysogenum* en un modelo líquido de pan. Observaron inhibición en el crecimiento de estos contaminantes incluso a concentraciones pequeñas, atribuyendo este efecto a las altas concentraciones de ácido propiónico y otros componentes, por lo que se

propone al extracto de la uva pasa como un conservador potencial en la industria alimentaria (Wei *et al.*, 2009).

#### **VIII.1.29. *Hymenocrater longiflorus***

*Hymenocrater* es un género con 20 especies de plantas con flores perteneciente a la familia Lamiaceae. Es originario del oeste y centro de Asia hasta el Himalaya. Las especies de este género son hierbas perennes y aromáticas con un robusto rizoma leñoso y grueso. Tiene numerosas tallos, generalmente no ramificados, de unos 20 a 45 centímetros de altura. En Irán por ejemplo se encuentran 9 especies del género *Hymenocrater*, de las cuales *H. longiflorus* Benth., *H. platystegius* Rech. f., *H. yazdianus* Rech. f. y *H. incanus* Bunge son endémicas. Sin embargo, poco se sabe sobre sus propiedades antimicrobianas, por lo que Ahmadi y colaboradores analizaron la composición química, la actividad antioxidante y antimicrobiana en el aceite esencial y el extracto metanólico de *H. longiflorus* Benth. Identificaron 87 compuestos volátiles en el aceite esencial, estos compuestos fueron principalmente hidrocarburos monoterpenos, sesquiterpenos, monoterpenos oxigenados y sesquiterpenos oxigenados (figura 5). Sus resultados demostraron que el aceite y la sub-fracción polar son más efectivos contra *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus niger* y *Candida albicans* (Ahmadi *et al.*, 2010).

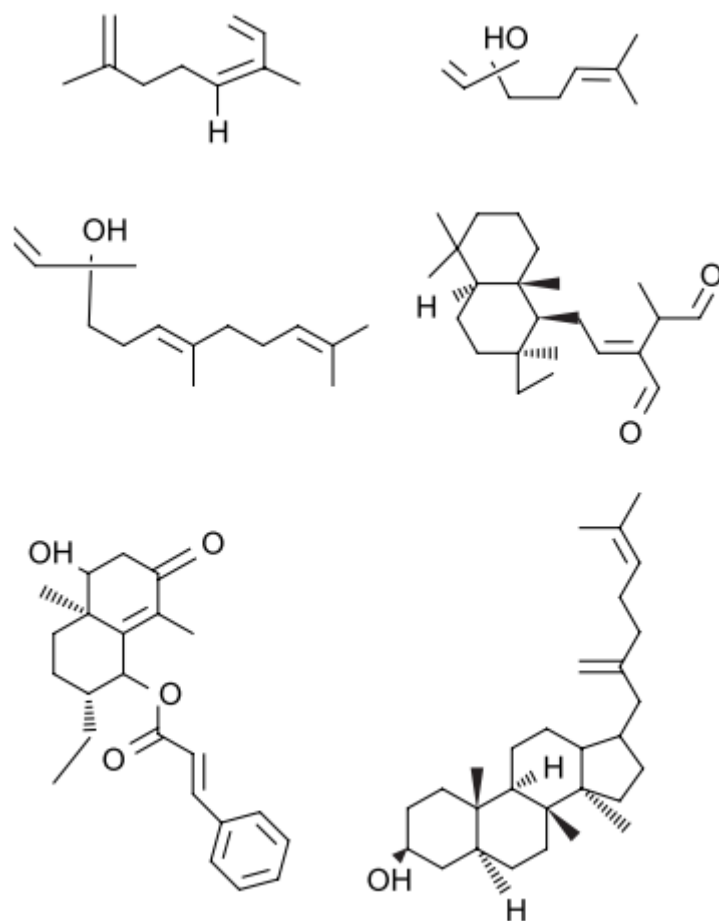


Figura 5. Estructura química de terpenoides (Ahmadi *et al.*, 2010).

### VIII.1.30. *Solanum surattense*

*Solanum surattense* pertenece a la familia de las solanáceas. Es una maleza herbácea perenne. Se conoce comúnmente como hierba mora de las Indias Occidentales, se ha utilizado tradicionalmente para curar diversas dolencias como la fiebre, la tos, el asma y la diabetes en la medicina tradicional del sur de India. David y colaboradores investigaron la actividad antifúngica y tamizaje fitoquímico de los diversos extractos de semillas de *S. surattense*. La actividad antifúngica de los extractos se evaluó por el método de difusión en pocillos de agar contra ocho especies de hongos seleccionados. Los extractos de semillas mostraron la presencia de alcaloides, compuestos fenólicos, flavonoides, esteroides, proteínas, hidratos de

carbono y taninos. Se evidenció una elevada actividad antifúngica frente a *C. albicans*, *C. tropicalis*, *Aspergillus niger*, *A. fumigatus* y *A. flavus* con los extractos etanólicos. Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que las semillas de *S. surattense* se pueden utilizar para contrarrestar los efectos causados por los microorganismos evaluados (David *et al.*, 2010).

#### **VIII.1.31. *Periploca laevigata***

El cornical o *Periploca laevigata* es un especie de arbusto iberoafricano de la Familia Asclepiadaceae que se distribuye por el norte de África y sureste de España. En la Península Ibérica está únicamente presente en la Región de Murcia y en las provincias de Almería y parcialmente en la de Alicante. En Túnez es utilizada como medicina tradicional. Hajji y colaboradores evaluaron la composición química, la actividad antimicrobiana y antioxidante de esta planta. Identificaron 43 componentes en el aceite esencial, el principal fue benzaldehído (56%). La actividad inhibitoria frente a Gram positivos (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Micrococcus luteus* ATCC 4698, *Bacillus cereus* ATCC 11778 y *Enterococcus faecalis* ATCC 29212) fue mayor que a Gram negativos (*Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 y *Klebsiella pneumoniae* ATCC 13883), también mostró actividad frente a hongos (*Aspergillus niger*, *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum* y *Aspergillus clavatus* ES1). Esta planta también mostró buena actividad antioxidante e inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina, por lo que se propone como un buen candidato para el desarrollo de nuevas sustancias bioactivas (Hajji *et al.*, 2010).

#### **VIII.1.32. *Lavandula bipinnata***

El género *Lavandula* es un miembro importante de la familia Lamiaceae. Es nativa de la región mediterránea al sur de África tropical y las regiones del sureste de la India. El género incluye plantas anuales, plantas herbáceas y pequeños arbustos, con follaje y flores aromáticas. Se cultiva en Francia, España e Italia. Entre las especies más comunes que se cree tienen valor medicinal se encuentran *Lavandula dentata*, *L. angustifolia*, *L. latifolia*, *L. intermedia*, *L. stoechas* y *L.*

*dhofarensis*. El aceite esencial de lavanda es un aditivo a muchos medicamentos de venta libre y productos cosméticos. Se cree que tiene efecto sedante, carminativo, antidepresivo y antiinflamatorio. Adicional a esto, también se usa en aromaterapia y terapias de masaje. Hanamanthagouda y colaboradores evaluaron la composición química y la actividad antimicrobiana de *Lavandula bipinnata*, encontraron al transcarveol (18.93%), pulegona (8.45%), alcanfor (7.09%) y mentol (5.89%) como los componentes principales en el aceite de esta planta. Mostró actividad inhibitoria frente a las bacterias *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Shigella dysentery*, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Enterococcus* ATCC 51299 Vancomicina resistente, *Bacillus subtilis* y *Micrococcus*, así como para los hongos *Aspergillus niger*, *Penicillium notatum* y *Candida albicans*. Esta planta cuenta con compuestos de amplio espectro antimicrobiano y que no representan riesgo de toxicidad, ya que se ha usado por mucho tiempo en la medicina tradicional (Hanamanthagouda *et al.*, 2010).

#### **VIII.1.33. *Orthosiphon stamineus***

*Orthosiphon stamineus* es una hierba tradicional que se cultiva ampliamente en las zonas tropicales. La planta se puede distinguir por sus flores blancas o moradas y popularmente se conoce como bigote de gato. Sin embargo, no existe información sobre la actividad antimicrobiana de esta planta, por lo que Ho y colaboradores evaluaron tal efecto frente a *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Salmonella enteritidis* y *Salmonella typhimurium*. El extracto metanólico de esta planta mostró actividad inhibitoria variable para las bacterias evaluadas, sin embargo, mostró inhibición constante para la bacteria *V. parahaemolyticus*, de importancia clínica por causar gastroenteritis en humanos. Esta inhibición es comparable a la observada por el ácido láctico al 5% en alimentos, donde se usa como conservador; por lo que esta planta puede ser fuente de nuevos compuestos bioactivos usados en la conservación de los alimentos (Ho *et al.*, 2010).

#### **VIII.1.34. *Arctium lappa***

*Arctium lappa*, comúnmente llamada bardana, Gobo, bardana comestible, lappa, o los botones del mendigo, es una planta del género *Arctium* y de la familia Asteraceae, cultivada en los jardines para utilizar su raíz como verdura. Es una maleza invasora de suelos de alto contenido de nitrógeno. Esta planta es un vegetal muy popular en China y Japón, que se usa en la medicina tradicional como antipirético y desintoxicante. Lou y colaboradores estudiaron la composición química y el potencial antibacteriano de los extractos de esta planta frente a microorganismos asociados a los alimentos. Encontraron que los extractos fraccionados con acetato de etilo presentaron actividad bactericida en los microorganismos evaluados (*Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Shigella dysenteriae* y *Salmonella typhimurium*), que pudiera deberse a la combinación de compuestos fenólicos ácido clorogénico, y rutina (también llamada rutósido), por lo que esta fracción pudiera ser una alternativa para controlar el crecimiento de bacterias patógenas en los alimentos (Lou *et al.*, 2010).

#### **VIII.1.35. *Melodorum fruticosum***

*Melodorum fruticosum* pertenece a la familia Annonaceae, se encuentra ampliamente distribuida en la India, china y Tailandia, tiene flores solitarias, de color amarillo pálido y perfumado. Las flores florecen en abril por aproximadamente 2 meses, producen un fino perfume que se extiende a través de grandes distancias. El aceite esencial de flores *M. fruticosum* se utiliza en aromaterapia y medicina tradicional en Tailandia. Sin embargo, no hay ningún informe de las actividades antifúngicas y antioxidantes de esta planta, por lo que Pripdeevech y Chukeatirote analizaron la composición química y las actividades antifúngicas y antioxidantes del aceite esencial de las flores de *M. fruticosum* obtenido por hidrodestilación. Identificaron a 88 compuestos volátiles, siendo los principales la fenil butanona, linalol, alcohol bencílico,  $\alpha$ -cadinol, globulol y viridiflorol. La extracción con diclorometano presentó mejor actividad antifúngica frente a los hongos *Collectotrichum asianum* CaMBK, *Collectotrichum siamense* Cach4LB, *Collectotrichum gloeosporioides* Cglg1CM,

*Collectotrichum fruiticola* Cap4CM, *Collectotrichum acutatum* BRIP28519, *C. acutatum* CaM1VT, *Collectotrichum* sp. CaRA6VT, *Trichoderma reesei* TISTR3080 y *Lasiodiplodia theobromae* MFU. Con este reporte se concluye que el extracto de *M. fruticosum* puede ser considerado como una alternativa de fungicidas naturales para usarse en el biocontrol de patógenos agrícolas (Pripdeevch & Chukeatirote, 2010).

Para lograr el control de patógenos en la postcosecha, así como para mantener la calidad del fruto, se ha implementado la aplicación de recubrimientos con aceites esenciales de cítricos. Esta estrategia elimina la necesidad de usar fungicidas sintéticos, además de que cumple con las preferencias del consumidor, los requisitos orgánicos y reduce la contaminación ambiental. Los estudios *in vitro* realizados por du Plooy y colaboradores indicaron que los aceites esenciales y algunos de sus componentes como los terpenoides fueron activos contra *Penicillium digitatum*. En una serie de ensayos semicomerciales y comerciales subsiguientes, aceites esenciales de *Mentha spicata* (hierbabuena) y *Lippia scaberrima*, así como (d)-limoneno y R-(-)-carvona, fueron incorporados a una amplia variedad de recubrimientos comerciales cítricos. Estos recubrimientos modificados fueron aplicados después a la cosecha de naranjas Tomango, en ausencia de la inmersión fungicida estándar. Se logró excelente control de la enfermedad con los revestimientos modificados y los parámetros de calidad medidos indicaron que la calidad general de la fruta se mantuvo. Por otra parte, la pérdida de humedad se redujo significativamente en la fruta tratada con recubrimientos de aceites esenciales. La eficacia de los recubrimientos modificados como una alternativa viable o complemento a las estrategias de protección de frutas existentes se demostró en este ensayo comercial (du Plooy *et al.*, 2009). Sin embargo, se deben tener en cuenta otros aspectos, como los organolépticos, ya que ciertas cubiertas pudieran modificar el sabor de los alimentos, siendo una desventaja para el consumidor (Gutiérrez *et al.*, 2009; Espina *et al.*, 2011).

### VIII.1.36. *Citrus máxima*

*Citrus maxima*, pampelmusa, cimboa o pomelo, es un árbol perennifolio de la familia de las rutáceas. Es originario del sudeste asiático, donde crece de forma silvestre, se ha difundido menos que otros cítricos; es cultivado por su fruto, un hesperidio de color amarillo pálido, sabor ligeramente ácido con un pequeño toque amargo y de gran tamaño.

*Citrus sinensis*, el naranjo o naranjo dulce, es un árbol frutal del género *Citrus*, que forma parte de la familia de las rutáceas. Se trata de un árbol de porte mediano, aunque en óptimas condiciones de cultivo llega hasta los 13 m de altura, perenne, de copa grande, redonda o piramidal, con hojas ovales de entre 7 a 10 cm. Sus flores blancas, llamadas azahar, nacen aisladas o en racimos y son sumamente fragantes. Su fruto es la naranja dulce. Estas dos plantas fueron evaluadas por Singh y colaboradores para valorar su perfil químico, actividad antioxidante y actividad antifúngica frente a *Aspergillus flavus* (NKD-116), cepa toxigénica, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Curvularia lunata*, *Fusarium oxysporum*, *Helminthosporium oryzae* y *Trichoderma viride*, ya fuera de forma individual y combinada. Encontraron que el DL-limoneno es el componente mayoritario en las dos plantas, y que a este pudiera deberse las buenas actividades antifúngica y antioxidante, por lo que pudiera incorporarse al arsenal de compuestos químicos usados en la preservación de los alimentos (Singh *et al.*, 2010).

Por otro lado Salas y colaboradores han propuesto que flavonoides obtenidos de diferentes especies del género *Citrus* tales como naringina, hesperidina o neohesperidina tienen buen efecto inhibitorio sobre hongos contaminantes de los alimentos (*Aspergillus parasiticus*, *A. flavus*, *Fusarium semitectum* y *Penicillium expansum*). Además de que son obtenidos de productos residuales de cítricos, lo que representa un bajo costo y una buena alternativa de aprovechamiento para las industrias (Salas, Céliz, Geronazzo, Daz, & Resnik, 2011).

### **VIII.1.37. *Distichoselinum tenuifolium***

*Distichoselinum* es un género monotípico de planta herbácea perteneciente a la familia Apiaceae. Su única especie *Distichoselinum tenuifolium*, es originaria de España, hoy en día se encuentra extendida en toda la Península Ibérica. En Portugal es usada como medicina tradicional. Tavares y colaboradores evaluaron la composición química, toxicidad, actividad antifúngica y propiedades antiinflamatorias de *D. tenuifolium*. Describieron a hidrocarburos monoterpenos como los compuestos predominantes, siendo el mirceno el principal (47.7–84.6%). Mostró actividad inhibitoria hacia *Cryptococcus neoformans* y dermatofitos (*Epidermophyton floccosum* FF9, *Trichophyton mentagrophytes* FF7, *Microsporum canis* FF1) e inhibió la producción de óxido nítrico en macrófagos. Este grupo de trabajo concluye que esta planta cuenta con propiedades farmacológicas que tienen que ser exploradas a profundidad para poder incorporarlas a las industrias alimentaria y farmacéutica (Tavares *et al.*, 2010).

### **VIII.1.38. *Salvia lanígera***

*Salvia lanígera* es una especie de planta herbácea perenne perteneciente a la familia de las lamiáceas. Es originaria del norte de Egipto y Arabia, hasta el sur de Turquía e Irán. Crece en los desiertos de baja altitud, en suelos arenosos y arenisca calcárea. Tenore y colaboradores evaluaron las propiedades antioxidantes y antimicrobianas de las partes aéreas de esta planta en Chipre. Identificaron 67 compuestos que representan el 93.6% del aceite, siendo el timol (12.1%), ácido hexadecanoico (6.0%), carvacrol y  $\alpha$ -tujona (5.7%) los principales. Presentó buena actividad antioxidante así como antimicrobiana frente a bacterias Gram positivas de interés en alimentos (*Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Enterococcus faecalis* y *Listeria monocytogenes*). Esta planta puede ser considerada como una alternativa a la conservación tradicional de los alimentos (Tenore *et al.*, 2011).

### VIII.1.39. *Matricaria recutita*

La manzanilla de Castilla, manzanilla alemana, dulce o cimarrona (*Matricaria recutita* o *M. chamomilla*) es una planta herbácea anual de la familia de las asteráceas. Nativa de Europa y las regiones templadas de Asia, se ha naturalizado en algunas regiones de América y Australia. Es una de las plantas medicinales más usadas en el mundo, ya que es segura, por lo que se utiliza en variedad de presentaciones como té, infusiones y cápsulas sólidas y líquidas. Tolouee y colaboradores evaluaron el efecto del aceite esencial de esta planta en el crecimiento y ultraestructura del hongo *Aspergillus niger*. Identificaron 21 componentes químicos, los principales fueron  $\alpha$ -bisabolol (56.86%), trans-trans-farnesol (15.64%), cis- $\beta$ -farneseno (7.12%) y guayazuleno (4.24%). Por medio de microscopía electrónica de transmisión observaron cambios en las hifas del hongo: ruptura de la membrana citoplasmática y organelos intracelulares, desprendimiento de la membrana plasmática y desorganización completa de compartimentos de las hifas. Este grupo de trabajo concluye que tales cambios morfológicos pudieran deberse al efecto de los componentes de esta planta sobre la permeabilidad celular, por lo que esta planta pudiera ser usada para prevenir la contaminación y el consecuente deterioro de los alimentos almacenados ocasionados por este hongo (Tolouee *et al.*, 2010).

Roby y colaboradores evaluaron el efecto antimicrobiano de *Matricaria chamomilla* junto con *Foeniculum vulgare*, observaron la presencia de 15 monoterpenoides principales en los aceites de las dos plantas, aunque el porcentaje en cada una de ellas fue diferente. El Trans-anetol, estragol, fenchon y limoneno fueron los componentes mayoritarios. Los dos extractos mostraron una CMI baja frente a *Aspergillus flavus*, *Candida albicans*, *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aureus*. Sin embargo, en este reporte se concluye que los aceites esenciales de *M. chamomilla* y *F. vulgare* tienen diferentes grados de actividad antimicrobiana, dependiendo de la dosis que se aplique, por lo que se requieren más estudios para estandarizar una dosis apropiada (Roby, Sarhan, Selim, & Khalel, 2013).

#### **VIII.1.40. *Sphallerocarpus gracilis***

*Sphallerocarpus* es un género monotípico de planta herbácea perteneciente a la familia Apiaceae. Su única especie: *Sphallerocarpus gracilis* es originaria de Asia. Se encuentra distribuida en China, Mongolia, la antigua Unión Soviética, la región oriental de Siberia y la región del lejano oriente. Esta planta se usa en la medicina china para tratar artritis reumática y úlceras. Gao y colaboradores investigaron la composición química y las propiedades antimicrobianas de esta planta frente a microorganismos relacionados con la contaminación en los alimentos. Identificaron 34 compuestos que representan el 94.69% del aceite, siendo los principales *p*-cimeno (17.42%),  $\gamma$ -terpineno (25.58%) y  $\alpha$ -asarona (33.12%). Evaluaron la actividad inhibitoria frente a bacterias Gram positivas (*Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus megaterium*, *B. cereus*, *B. coagulans* y *B. subtilis*) y Gram negativas (*Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhimurium*, *Klebsiella pneumoniae* y *Escherichia coli*); así como al hongo *Aspergillus niger*. El aceite presentó buena actividad frente a *K. pneumoniae*, mientras que *L. monocytogenes* y *A. niger* no se vieron afectados. Sin embargo, Gao y su grupo sugieren a esta planta como una potencial alternativa para usarse como preservador antimicrobiano natural en alimentos (Gao *et al.*, 2011).

#### **VIII.1.41. *Eucalyptus globulus***

El eucalipto es un árbol de hoja perenne de altura, nativo de Australia, introducido con éxito en todo el mundo, ahora cultivado ampliamente en muchos otros países, entre ellos India. El género *Eucalyptus* pertenece a la familia Myrtaceae que incluye más de 900 especies y subespecies. Muchas de estas especies son usadas en la medicina tradicional por sus propiedades antiinflamatorias, analgésicas y antipiréticas. Tyagi y Malik evaluaron la actividad antimicrobiana de *Eucalyptus globulus* frente a 14 microorganismos, extrayendo a los componentes químicos del aceite esencial en una fase líquida y una de vapor. En la fase líquida los componentes principales fueron 1,8-cineol (45.4%), limoneno (17.8%), *p*-cimeno (9.5%),  $\gamma$ -terpineno (8.8%),  $\alpha$ -pineno (4.2%) y  $\alpha$ -terpineol (3.4%), mientras que en la

fase de vapor fueron 1,8-cineolo (34.6%), limoneno (29.9%), *p*-cimeno (10.5%),  $\gamma$ -terpineno (7.4%),  $\alpha$ -pineno (4.0%) y  $\alpha$ -felandreno (2.4%). Se observó mejor actividad antimicrobiana en la fase de vapor frente a bacterias Gram negativas, Gram positivas, hongos filamentosos y levaduras, que pudo deberse al mayor porcentaje de hidrocarburos monoterpenos (57.4%) presente en la fase de vapor, a comparación del aceite (44.5%). Este trabajo pone de manifiesto el potencial antimicrobiano de *E. globulus* al inhibir un amplio rango de microorganismos. Lo que sigue es evaluar *in vivo* tales propiedades en la fase de vapor para poder usarse en la extensión y/o preservación de la vida útil de alimentos crudos o procesados (Tyagi & Malik, 2011a). Lo mismo hicieron estos autores con la especie *Mentha piperita*, concluyendo que el ensayo *in vivo* es fundamental para determinar y poner en práctica el uso de estas plantas en la conservación de los alimentos (Tyagi & Malik, 2011b).

#### **VIII.1.42. *Prunus mume***

*Prunus mume* es un árbol asiático que se ha cultivado como planta ornamental sobre todo en China y sus frutos se consumen como frutas y bebidas conservados en China. Varias partes de esta planta, tales como frutas, semillas, flores, hojas y cortezas del tallo, se han utilizado como remedios para aliviar la fiebre, tos y trastornos intestinales durante mucho tiempo. En particular, las semillas de *P. mume* se usan para tratar trastornos intestinales debido a su posible capacidad antimicrobiana. Xia y colaboradores evaluaron el efecto antimicrobiano de los compuestos fenólicos extraídos de las semillas de esta planta. Identificaron 3 isómeros del ácido clorogénico denominados ácido 3-O-cafeoilquínico, ácido 5-O-cafeoilquínico y ácido 4-O-cafeoilquínico. El extracto fenólico mostró efecto inhibitorio frente a bacterias y levaduras de interés en los alimentos (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella enterica* ATCC 13076, *Vibrio parahaemolyticus* ATCC 17802, *Candida albicans* ATCC 14053, *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 36858 y *Aspergillus niger* ATCC 10553). Lo relevante de este trabajo es que estos 3 isómeros pueden incorporarse al arsenal de compuestos

bioactivos, siendo una muy buena opción de conservadores químicos de origen natural (Xia, Wu, Shi, Yang, & Zhang, 2011).

También hay reportes donde se evalúa la actividad de compuestos obtenidos de plantas frente a levaduras de interés en los alimentos, tal es el caso del trabajo de Tserennadmid y colaboradores, quienes evaluaron la actividad de cuatro aceites esenciales: salvia, enebro, limón y mejorana frente a las levaduras *Geotrichum candidum*, *Pichia anomala*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Schizosaccharomyces pombe* en medio con extracto de malta, jugo de manzana y leche. La levadura más sensible fue *S. pombe*, mientras que *G. candidum* fue la más resistente con cada uno de los aceites. La combinación de savia con enebro tuvo efecto inhibitorio aditivo para *S. cerevisiae* y *G. candidum*, pero otras combinaciones no fueron efectivas. En cuanto a las combinaciones de medios, el jugo de manzana claro con limón además de resultar en un nuevo sabor, puede lograr ampliar su tiempo de almacenaje (Tserennadmid *et al.*, 2011).

#### **VIII.1.43. *Argemone mexicana***

El chicalote, *Argemone mexicana*, es una planta de la familia Papaveraceae, de distribución americana. También se le conoce como como la amapola espinosa, se utiliza como planta medicinal en varios países. La planta posee efecto analgésico, narcótico, antiespasmódico y propiedades sedantes. El extracto lechoso de la semilla contiene proteínas disolventes que se usan en el tratamiento de las verrugas, herpes labial, enfermedades infecciosas de la piel, picores e ictericia, mientras que el humo de las semillas se utiliza para aliviar el dolor de muelas. Abubacker y Ramanathan evaluaron la actividad antimicrobiana de los extractos de hojas de esta planta frente a dos bacterias Gram positivas (*Bacillus subtilis* y *Staphylococcus aureus*) y dos Gram negativas (*Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*). Observaron que los extractos etanólicos tuvieron mejor actividad inhibitoria hacia las bacterias evaluadas, seguido de los extractos acuosos con calor y los hechos con frío. Con esto se demuestra que los extractos de esta planta pueden ser utilizados como parte de alguna formulación para conservar alimentos, salvo que habría que ensayar con

otras bacterias o incluso hongos que causen deterioro ( Abubacker & Ramanathan, 2012).

#### **VIII.1.44. *Myristica fragrans***

La nuez moscada (*Myristica*) es un género de árboles perennifolios de la familia Myristicaceae procedente de las Islas de las Especias (en la actualidad las Islas Molucas en Indonesia). La semilla seca y en polvo se usa para dar sabor a muchos productos alimenticios y para la formulación de bálsamo medicado y el perfume. También se afirma tiene propiedades antiinflamatorias, afrodisíacas, hepatoprotectora, insecticidas, antirreumáticas, se usa en el tratamiento del asma, la aterosclerosis, la diarrea y flatulencia. Sulaiman y Ooi evaluaron la actividad antimicrobiana del pericarpio, el arilo, la semilla y la cáscara de *Myristica fragrans*, frente a bacterias como *Staphylococcus aureus* (ATCC12600) y *Bacillus cereus* (ATCC10876), encontrando que los extractos de las semillas y el arilo son más efectivos para inhibir el crecimiento de estas bacterias, por lo que pudieran ser utilizados en la conservación de los alimentos (Sulaiman & Ooi, 2012).

#### **VIII.1.45. *Sappan Lignum*, *Coptidis Rhizoma* y *Psoraleae Semen***

Pero las sustancias obtenidas de plantas también se han probado para contrarrestar a bacterias causantes de algunas enfermedades, como la caries, por ejemplo. Yim y colaboradores reportan la actividad antimicrobiana de plantas como *Sappan Lignum*, *Coptidis Rhizoma* y *Psoraleae Semen* frente a *Enterococcus faecalis*, *Actinomyces viscosus*, *Streptococcus salivarius*, *Streptococcus mutans* y *Streptococcus sanguis*, sugiriendo que los extractos de ciertas hierbas medicinales también podrían usarse en el tratamiento de enfermedades dentales (Yim *et al.*, 2013).

#### **VIII.1.46. *Juniperus excelsa***

*Juniperus* es uno de los principales géneros de la familia Cupressaceae, se estima que aproximadamente 70 especies de este género se distribuyen por todo el mundo.

La especie *Juniperus excelsa* crece en regiones templadas en todo el este de las Montañas mediterráneas hasta Líbano. Khoury y colaboradores evaluaron la composición química del aceite de esta planta extraído de las hojas y ramas, así como su actividad antimicrobiana frente a bacterias Gram negativas, Gram positivas, levaduras y hongos dermatofitos. Los aceites fueron obtenidos por hidrodestilación, se encontraron 28 constituyentes, siendo los hidrocarburos monoterpenos, con un 46.7 y 59.6% en las ramas y hojas, respectivamente y los sesquiterpenos (39.4 y 32.1%, respectivamente) los principales componentes, dentro de ellos, el  $\alpha$ -pineno,  $\alpha$ -cedrol y d-car-3-eno fueron los mayoritarios. Los aceites revelaron excelente actividad *in vitro* frente a *Staphylococcus aureus* y *Trichophyton rubrum*. Los 3 compuestos identificados fueron ensayados de manera individual y en combinación, siendo el d-car-3-eno el más efectivo, por lo que se considera el responsable de la buena actividad antifúngica de *J. excelsa*, aunque estos autores no descartan un probable sinergismo involucrado con otra sustancia (Khoury *et al.*, 2014).

#### **VIII.1.47. *Plectranthus barbatus*, *P. neochilus* y *P. ornatus***

*Plectranthus* es un género grande y complejo de la Familia Lamiaceae con 300 especies de arbustos y hierbas aromáticas que están distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales del hemisferio sur. Un gran número de especies ha sido reportado para sus usos etnobotánicos, además se usa para una amplia gama de enfermedades como irritaciones en la piel, afecciones respiratorias, digestivas e incluso problemas infecciosos. Algunas especies se utilizan tradicionalmente como aditivos de alimentos, y forraje, mientras que otras se cultivan como plantas ornamentales y su popularidad en la jardinería ha aumentado considerablemente en los últimos años. *P. barbatus*, la especie más importante de este género, es comúnmente utilizada para el tratamiento de infecciones en el estómago, trastornos hepáticos, problemas cardíacos, respiratorios y ciertos trastornos del sistema nervioso central. Se ha visto que *P. neochilus* y *P. ornatus*, son especies con fines medicinales relevantes, se utiliza para tratar problemas respiratorios en las comunidades rurales de África del Sur. Recientemente, Mota y colaboradores

determinaron la composición química y la bioactividad de las 3 especies antes mencionadas del género *Plectranthus* crecidas en Portugal. Los aceites de hojas y flores fueron extraídos mediante hidrodestilación. Encontraron a hidrocarburos monoterpénicos (12–74%) e hidrocarburos sesquiterpénicos (4–45%) como los componentes principales en las fracciones volátiles. Encontraron algunas diferencias con los componentes identificados en las mismas especies pero en África y en Brasil, sobre todo en las flores, donde se reportan por primera vez. También determinaron que estas plantas tienen actividad antioxidante moderada y buena actividad inhibitoria de bacterias Gram positivas como *Bacillus* spp., lo que lleva a proponer a cada planta o en combinación, como una alternativa para la conservación de alimentos. Sin embargo, se propone usar otras técnicas de extracción que contribuyan a cerciorarse de qué otros compuestos pueden contribuir al popular uso de estas especies de *Plectranthus* (Mota *et al.*, 2014).

Los compuestos químicos extraídos de las diferentes plantas abordadas en esta revisión, así como el hongo sobre el cual tienen efecto inhibitorio, se resumen en la tabla 1.

**Tabla 1.** Compuestos extraídos de plantas con actividad antifúngica abordados en esta revisión.

Planta	Compuestos químicos	Hongo inhibido	Referencia
<i>Rosmarinus officinalis</i> <i>Trachyspermum copticum</i>	Piperitona $\alpha$ -pimeno	<i>Aspergillus parasiticus</i>	Rasooli <i>et al.</i> , 2008
<i>Satureja hortensis</i>	Carvacrol, timol	<i>Aspergillus</i> spp.	Razzaghi-Abyaneh <i>et al.</i> , 2008
<i>Fragaria virginiana</i> , <i>Epilobium angustifolium</i> L., <i>Potentilla simplex</i> , <i>Alnus viridis</i> , <i>Betula alleghaniensis</i> , <i>Solidago gigantea</i> <i>Gladiolus</i> spp.	1,8-cineol (44.4%), $\beta$ -pineno	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Fusarium solan</i>	Webster <i>et al.</i> , 2008; Sharma & Tripathi, 2008; Yoo <i>et al.</i> , 2008
<i>Vitis vinifera</i>	Ácido propiónico	<i>Fusarium semitectum</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. fumigatus</i> , <i>A. carbonarius</i> , <i>A. tubingensis</i>	Favilla <i>et al.</i> , 2008
<i>Origanum heracleoticum</i>	Carvacrol, timol, $\beta$ -felandreno	<i>Cladosporium fulvum</i> , <i>C. cladosporioides</i> , <i>Phomopsis helianthi</i> , <i>Phoma magdonaldii</i> , <i>Trichophyton mentagrophytes</i> , <i>Trichoderma viride</i> , <i>Fusarium sporotrichoides</i> , especies de <i>Penicillium</i> spp. <i>Aspergillus</i> spp.	Dzamic <i>et al.</i> , 2008
<i>Ocimum basilicum</i>	Linalol, epi- $\alpha$ -cadinol, $\alpha$ -bergamoteno	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Mucor mucedo</i> , <i>Fusarium solani</i> , <i>Botryodiplodia theobromae</i> , <i>Rhizopus solani</i>	Hussain <i>et al.</i> , 2008
<i>Origanum onites</i>	Alcoholes, ésteres, terpenos	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>Fusarium semitectum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>Mucor racemosus</i> , <i>Penicillium roqueforti</i>	Korukluoglu <i>et al.</i> , 2008; Lv, Liang, Yuan, & Li, 2011
<i>Zingiber officinale</i>	Eugenol, Zingerona	<i>Fusarium moniliforme</i>	Singh <i>et al.</i> , 2008
<i>Cymbopogon citratus</i> <i>Ocimum gratissimum</i> <i>Thymus vulgaris</i>	Fenoles	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Penicillium expansum</i> y <i>P. verrucosum</i> .	Nguefack <i>et al.</i> , 2009
<i>Cinnamomum</i>	Fenoles,	<i>Alternaria solani</i> ,	Mishra <i>et al.</i> , 2009

Tabla 1 Cont...			
<i>Zeylanicum</i>	flavonoides, terpenoides	<i>Curvularia lunata</i>	
<i>Stenoloma chusanum</i>	Fenoles	<i>Cryptococcus neoformans</i> , <i>Trichophyton rubrum</i> , <i>Trichophyton mentagrophytes</i> , <i>Microsporum canis</i> , <i>Epidermophyton floccosum</i> , <i>Aspergillus niger</i>	Ren et al, 2009
<i>Laserpitium garganicum</i>	mirreno, $\beta$ -felandreno, sabineno	<i>Trichoderma viride</i> , <i>Penicillium pinophilum</i> , <i>P. chrisogenum</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>A. terreus</i> <i>Chaetosphaeridium globosum</i>	Tirillini et al., 2009
<i>Lippia berlandieri</i> Schauer	Timol, carvacol	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium</i> spp.	Avila-sosa et al., 2010
<i>Ageratum conyzoides</i>	precoceno I, precoceno II, cumarina, trans- cariofileno	<i>Aspergillus flavus</i>	Nogueira et al., 2010
<i>Piper betle</i>	Eugenol, Acetileugenol	<i>Aspergillus</i> spp.	Prakash et al., 2010
<i>Solanum surattense</i>	Alcaloides, flavonoides	<i>Aspergillus niger</i> , <i>A. fumigatus</i> , <i>A. flavus</i> <i>Aspergillus niger</i> , <i>A. clavatus</i> , <i>Fusarium solani</i> , <i>Fusarium oxysporum</i>	David et al., 2010
<i>Periploca laevigata</i>	Benzaldehido, carvacrol	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium notatum</i>	Hajji et al., 2010
<i>Lavandula bipinnata</i>	Trans-carveol, pulegona. alcanfor, mentol	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium notatum</i>	Hanamanthagouda et al., 2010
<i>Melodorum fruticosum</i>	Limoneno, 1,8-cineol, fenilbutanona, linalol, $\alpha$ -cadinol	<i>Penicillium digitatum</i> , <i>Collectotrichum</i> spp., <i>Trichoderma reesei</i>	du Plooy et al., 2009; Pripdeevech & Chukeatirote, 2010; Pripdeevech & Chukeatirote, 2010
<i>Citrus máxima</i> <i>Citrus sinensis</i>	Limoneno, a-pineno, $\beta$ -mirreno	<i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. terreus</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Curvularia lunata</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Helminthosporium oryzae</i> , <i>Trichoderma viride</i>	Singh et al., 2010
<i>Distichoselinum tenuifolium</i>	Mirreno	<i>Cryptococcus neoformans</i> , <i>Epidermophyton floccosum</i> , <i>Trichophyton mentagrophytes</i> ,	Tavares et al., 2010

**Tabla 1 Cont...**

<i>Microsporum canis</i>			
<i>Prunus mume</i>	Ácido 3-O-cafeoilquínico, ácido 4-O-cafeoilquínico, ácido 5-O-cafeoilquínico	<i>Aspergillus niger</i>	Xia, Wu, Shi, Yang, & Zhang, 2011
<i>Cinnamomum verum</i> <i>Cymbopogon citratus</i>	Eugenol, cinamaldehído, acetoeugenol, geranial	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium digitatum</i>	Avila-Sosa <i>et al.</i> , 2011
<i>Matricaria recutita</i>	$\alpha$ -bisabolol, trans-trans-farnesol	<i>Aspergillus flavus</i>	Roby, Sarhan, Selim, & Khalel, 2013
<i>Juniperus excelsa</i>	$\alpha$ -pineno, $\alpha$ -cedrol,	<i>Trichophyton rubrum</i>	Khoury <i>et al.</i> , 2014

## VIII.2. Mecanismos de acción

En todos los reportes se analizó de manera *in vitro* el efecto citotóxico de los aceites esenciales en contra de bacterias Gram positivas, Gram negativas y hongos.

La acción de los antimicrobianos presentes en los extractos ocasiona el debilitamiento de la pared celular y un incremento en la permeabilidad de la membrana. Estos cambios de permeabilidad se asocian a la pérdida de iones y la reducción en el potencial de membrana, que colapsan la bomba de protones y los niveles de ATP (Tiwari *et al.*, 2009).

La perturbación de la estructura celular puede afectar otras estructuras en forma de cascada. Los aceites esenciales pasan a través de la pared celular y la membrana citoplasmática, desorganizando los arreglos estructurales de diferentes polisacáridos, ácidos grasos y fosfolípidos, así como dañar capas de lípidos y proteínas (Arif *et al.*, 2009).

### VIII.2.1. Efectos antibacterianos

El efecto antimicrobiano de sustancias como el timol, mentol, eugenol, *p*-cimeno, limoneno entre otros compuestos presentes en las plantas sobre las bacterias se debe a la perturbación de las fracciones lipídicas de la membrana bacteriana, que

pueden ocasionar cambios en la permeabilidad membranal y la fuga de material intracelular.

Otro efecto es la inhibición en la secreción de toxinas, generada por modificaciones estructurales que descontrolan el transporte trans-membranal y limitan la liberación de la toxina, como se ha visto con el carvacrol en *Bacillus cereus*, o con el orégano en la enterotoxina producida por *Staphylococcus aureus* (de Souza, de Barros, de Oliveira, & da Conceição, 2010).

### **VIII.2.2. Efectos antifúngicos**

Los aceites esenciales también tienen la capacidad de penetrar y desestabilizar la pared celular y las membranas citoplasmáticas de los hongos, permeabilizándolas y ocasionar daño mitocondrial. Los cambios en el flujo de electrones dentro de la mitocondria dañan el contenido lipídico, así como proteínas y ácidos nucleicos. También se sabe que los componentes de los aceites esenciales disminuyen el potencial de membrana, afectando los niveles de  $\text{Ca}^{2+}$  y otros canales iónicos, reducen el pH y desestabilizan las bombas de protones y los niveles de ATP. Los cambios en la fluidez de la membrana ocasiona la fuga de radicales, citocromo C, iones de calcio y proteínas. De esta manera la permeabilización de la membrana mitocondrial conduce a la muerte celular por apoptosis y/o necrosis (Tajkarimi, Ibrahim, & Cliver, 2010).

## IX. DISCUSIÓN

Como se pudo apreciar hay gran variedad de sustancias activas obtenidas de plantas comunes que hemos usado alguna vez o de algunas que pudiera pensarse no tienen utilidad, sino que por el contrario se han catalogado incluso como plagas, o especias no utilizadas comúnmente, como lo mencionan Weerakkody y su grupo de trabajo (Weerakkody, Caffin, Turner, & Dykes, 2010).

Es innegable el potencial biológico de los compuestos químicos presentes en los aceites esenciales descritos anteriormente, sin embargo, queda por abordar una parte fundamental para poder aplicarlos como conservadores de alimentos y es que en todos los reportes la experimentación es *in vitro*, por lo cual no pueden conocerse efectos secundarios, interacciones, niveles de gradación o incluso grados de toxicidad si estos fueran adicionados a algún alimento. Si bien los AE pudieran ser utilizados como antibacterianos, debe considerarse también el impacto en las características sensoriales que estos pudieran ejercer sobre el alimento, ya que por ser derivados naturales pudieran alterar el sabor y olor aceptables (Soylu *et al.*, 2010).

Por otro lado, muchos autores coinciden en que el saber si el extracto de una planta tiene efecto antimicrobiano es sólo el primer paso, ya que posteriormente se debe conocer la composición química del extracto y más aún cuál de todos los componentes es el responsable de tal acción, o si bien es un efecto sinérgico entre dos o más sustancias (Midelet-Bourdin *et al.*, 2010; Tsai, Tsai, Wu, Tseng, & Tsai, 2010; Wong *et al.*, 2010).

Técnicamente hablando, las metodologías empleadas en todos trabajos aquí descritos son similares, desde las técnicas de extracción hasta la evaluación de la actividad antimicrobiana. Se utilizaron varios métodos de extracción, que van desde los convencionales como la destilación, hasta técnicas modernas como el ultrasonido, la mecanoquímica, microondas, métodos infrarrojos y despresurizados. Sin embargo, hacer una comparación entre ellos es difícil debido a la variabilidad en el origen de la planta y las condiciones de extracción. Lo importante es optimizar aquél que permita tener una alta productividad, pureza aceptable y un costo

razonable (Okoh *et al.*, 2010; Zhang, Zhang, Ni, Yang, & Wang, 2011; Chua *et al.*, 2013). Mientras que para evaluar la actividad antimicrobiana de los extractos es recomendable usar tanto el método de microdilución en caldo como un método de screening rápido para determinar la CMI y el método de macrodilución como prueba confirmatoria en valores de CMI seleccionados (Klancnik *et al.*, 2010 (Othman *et al.*, 2011).

Pero no todas las plantas evaluadas tienen actividad inhibitoria del crecimiento de microorganismos, como es el caso de *Actiniopteris radiata* y *Caralluma adscendens* frente a *Candida albicans*, *Aspergillus niger* y *Mucor* por ejemplo, por lo que el experimentar con ellas ha servido para descartarlas (Naik & Jadge, 2010). Hay otras en las que se ha visto por el contrario, pueden tener efectos contraproducentes, hay incluso reportes sobre brotes ocasionados por la elevada carga bacteriana de las especias y hierbas con *Salmonella* spp. si no se someten a un proceso de desinfección efectivo (Zweifel & Stephan, 2012).

Otro aspecto de suma importancia que debe tomarse en cuenta para poder adicionar algunos de estos compuestos a los alimentos, es que puede haber cambios en las propiedades antioxidantes de las plantas después de ser cocinadas, o que hierbas con propiedades antimicrobianas de espectro reducido, pueden disminuir aún más su acción debido a los procesos que se somete el alimento, como la exposición al calor (Witkowska, Hickey, Alonso-Gomez, & Wilkinson, 2011).

En cuanto a su aplicación, queda por valorar el efecto que tendrían estas sustancias al usarse en alimentos, ya que se ha demostrado que en células eucarióticas, los aceites esenciales pueden actuar como prooxidantes, afectando las membranas internas y organelos como las mitocondrias, aunque este efecto se ha visto es dependiente de la dosificación (Bakkali, Averbeck, Averbeck, & Idaomar, 2008; Patil *et al.*, 2009).

Pero lo importante en todo esto es que ya se ha dado el primer paso para identificar alternativas de origen natural que ayuden a la conservación de los alimentos, que hay gran variedad de plantas por explorar (Lu, Yuan, Zeng, & Chen, 2011) y sobre

todo cada día más capital humano interesado en aportar ideas para solucionar la problemática de resistencia a los antimicrobianos y encontrar nuevas sustancias que contrarresten el efecto de microorganismos como los mohos en los alimentos (Rodríguez Vaquero *et al.*, 2010; Konczak *et al.*, 2010; Gutiérrez-Larraínzar *et al.*, 2012).

## **X. CONCLUSIONES**

1. Las propiedades antimicrobianas y antioxidantes de varios extractos de plantas son de gran interés en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica, debido a su posible uso como aditivos naturales.
2. El uso de los aceites esenciales como agentes antimicrobianos presenta dos ventajas: la primera es su origen natural, que significa una mayor seguridad para las personas y el medio ambiente; la segunda es que han sido considerados de bajo riesgo para el desarrollo de resistencia por parte de los microorganismos.
3. La desestabilización de la membrana celular ocasionada por los componentes de los aceites esenciales interfiere en procesos como captación de nutrientes, síntesis de macromoléculas, transporte de solutos, secreción de reguladores de crecimiento y procesos de regulación metabólica.
4. Muchos de los reportes existentes sobre la actividad antimicrobiana de extractos de origen natural se enfocan a experimentar con bacterias, debido al impacto que tienen las ETA originadas en su mayoría por ellas, sin embargo, son minoría los reportes que abordan mohos de interés en los alimentos.

## **XI. APLICACIONES**

Los compuestos provenientes de las plantas mencionadas en esta revisión tienen potencial para ser usados en diferentes áreas, como son la farmacéutica, medicina, biotecnología, cosmética y alimentaria. Sin embargo, en la industria alimentaria su aplicación como conservadores alimentarios está siendo valorada y estudiada con mucho interés por diferentes organizaciones y grupos de trabajo, a fin de proporcionar nuevas alternativas frente a los efectos no deseados que ocasionan los microorganismos.

Sin duda, el uso y aplicaciones que se les puede dar a los compuestos presentes en los aceites esenciales son diversos, sin embargo al usarlos como aditivos antimicrobianos no se puede dejar de lado la bioseguridad para el consumidor, por lo que se debe evaluar el aspecto toxicológico, con la finalidad de conocer los efectos que el uso de sustancias provenientes de plantas pudieran tener sobre la salud, ya que por ejemplo se ha observado que algunos compuestos pueden actuar como prooxidantes, afectando las membranas internas de células eucariotas y organelos como las mitocondrias, aunque este efecto es dependiente de la dosificación (Bakkali, Averbeck, Averbeck, & Idaomar, 2008; Patil et al., 2009).

## XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmadi, F., Sadeghi, S., Modarresi, M., Abiri, R., & Mikaeli, a. (2010). Chemical composition, in vitro anti-microbial, antifungal and antioxidant activities of the essential oil and methanolic extract of *Hymenocrater longiflorus* Benth., of Iran. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 48(5), 1137–44. doi:10.1016/j.fct.2010.01.028
- Akthar, M. S., Degaga, B., & Azam, T. (2014). Antimicrobial activity of essential oils extracted from medicinal plants against the pathogenic microorganisms: A review, *Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research*, 2(January), 1–7.
- Al-Zoreky, N. S. (2009). Antimicrobial activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit peels. *International journal of food microbiology*, 134(3), 244–8. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2009.07.002
- Ao, C., Li, A., Elzaawely, A. a., Xuan, T. D., & Tawata, S. (2008). Evaluation of antioxidant and antibacterial activities of *Ficus microcarpa* L. fil. extract. *Food Control*, 19(10), 940–948. doi:10.1016/j.foodcont.2007.09.007
- Arif, T., Bhosale, J. D., Kumar, N., Mandal, T. K., Bendre, R. S., Lavekar, G. S., & Dabur, R. (2009). Natural products--antifungal agents derived from plants. *Journal of Asian natural products research*, 11(7), 621–38. doi:10.1080/10286020902942350
- Avila-Sosa, R., Gastélum-Reynoso, G., García-Juárez, M., de la Cruz Meneses-Sánchez, M., Navarro-Cruz, A. R., & Dávila-Márquez, R. M. (2011a). Evaluation of Different Mexican Plant Extracts to Control Anthracnose. *Food and Bioprocess Technology*, 4(4), 655–659. doi:10.1007/s11947-009-0318-4
- Avila-Sosa, R., Hernández-Zamoran, E., López-Mendoza, I., Palou, E., Jiménez Munguía, M. T., Nevárez-Moorillón, G. V., & López-Malo, A. (2010). Fungal inactivation by Mexican oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) essential oil added to amaranth, chitosan, or starch edible films. *Journal of food science*, 75(3), M127–33. doi:10.1111/j.1750-3841.2010.01524.x
- Avila-Sosa, R., Palou, E., Jiménez Munguía, M. T., Nevárez-Moorillón, G. V., Navarro Cruz, A. R., & López-Malo, A. (2011b). Antifungal activity by vapor contact of essential oils added to amaranth, chitosan, or starch edible films. *International journal of food microbiology*, 153(1-2), 66–72. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2011.10.017

- Bajpai, V. K., Rahman, A., & Kang, S. C. (2008). Chemical composition and inhibitory parameters of essential oil and extracts of *Nandina domestica* Thunb . to control food-borne pathogenic and spoilage bacteria, *International Journal of Food Microbiology* 125, 117–122. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.011
- Bendahou, M., Muselli, a., Grignon-Dubois, M., Benyoucef, M., Desjobert, J.-M., Bernardini, A.-F., & Costa, J. (2008). Antimicrobial activity and chemical composition of *Origanum glandulosum* Desf. essential oil and extract obtained by microwave extraction: Comparison with hydrodistillation. *Food Chemistry*, 106(1), 132–139. doi:10.1016/j.foodchem.2007.05.050
- Bluma, R., Amaiden, M. R., & Etcheverry, M. (2008). Screening of Argentine plant extracts: impact on growth parameters and aflatoxin B1 accumulation by *Aspergillus* section Flavi. *International journal of food microbiology*, 122(1-2), 114–25. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.050
- Castilho, P. C., Savluchinske-Feio, S., Weinhold, T. S., & Gouveia, S. C. (2012). Evaluation of the antimicrobial and antioxidant activities of essential oils, extracts and their main components from oregano from Madeira Island, Portugal. *Food Control*, 23(2), 552–558. doi:10.1016/j.foodcont.2011.08.031
- Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Wong, L. F., Lianto, F. S., Wong, S. K., Lim, K. K., ... Lim, T. Y. (2008). Antioxidant and tyrosinase inhibition properties of leaves and rhizomes of ginger species. *Food Chemistry*, 109(3), 477–483. doi:10.1016/j.foodchem.2008.02.016
- Chua, L. S. (2013). A review on plant-based rutin extraction methods and its pharmacological activities. *Journal of ethnopharmacology*, 150(3), 805–17. doi:10.1016/j.jep.2013.10.036
- Cui, H., Gabriel, A. a., & Nakano, H. (2010). Antimicrobial efficacies of plant extracts and sodium nitrite against *Clostridium botulinum*. *Food Control*, 21(7), 1030–1036. doi:10.1016/j.foodcont.2009.12.023
- David, E., Elumalai, E. K., Sivakumar, C., Therasa, S. V., & Thirumalai, T. (2010). Available online through Evaluation of antifungal activity and phytochemical screening of *Solanum surattense* Seeds, *Journal of Pharmacy Research* 3(4), 684–687.
- Dávila-Márquez, R.M., Avila-Sosa, R., Navarro-Cruz, A.R., Téllez-Ruiz, V., Lzcano-Hernández, M.A. (2013). Evaluación in vitro de la actividad antimicrobiana de un extracto oleoso de poro. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 79(1).
- De Souza, E. L., de Barros, J. C., de Oliveira, C. E. V., & da Conceição, M. L. (2010). Influence of *Origanum vulgare* L. essential oil on enterotoxin production, membrane permeability and surface characteristics of *Staphylococcus aureus*.

*International journal of food microbiology*, 137(2-3), 308–11.  
doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2009.11.025

Dikbas, N., Kotan, R., Dadasoglu, F., & Sahin, F. (2008). Control of *Aspergillus flavus* with essential oil and methanol extract of *Satureja hortensis*. *International journal of food microbiology*, 124(2), 179–82. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.034

Du Plooy, W., Regnier, T., & Combrinck, S. (2009). Essential oil amended coatings as alternatives to synthetic fungicides in citrus postharvest management. *Postharvest Biology and Technology*, 53(3), 117–122. doi:10.1016/j.postharvbio.2009.04.005

Dzamic, a., Sokovic, M., Ristic, M. S., Grujic-Jovanovic, S., Vukojevic, J., & Marin, P. D. (2008). Chemical composition and antifungal activity of *Origanum heracleoticum* essential oil. *Chemistry of Natural Compounds*, 44(5), 659–660. doi:10.1007/s10600-008-9162-4

Dzamic, A., Sokovic, M., Ristic, M. S., Grijic-Jovanovic, S., Vukojevic, J., & Marin, P. D. (2009). Chemical composition and antifungal activity of *Illicium verum* and *Eugenia caryophyllata* essential oils. *Chemistry of Natural Compounds*, 45(2), 259–261. doi:10.1007/s10600-009-9283-4

El Abed, N., Kaabi, B., Smaali, M. I., Chabbouh, M., Habibi, K., Mejri, M., ... Ben Hadj Ahmed, S. (2014). Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Thymus capitata* Essential Oil with Its Preservative Effect against *Listeria monocytogenes* Inoculated in Minced Beef Meat. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2014, 1–11. doi:10.1155/2014/152487

Espina, L., Somolinos, M., Lorán, S., Conchello, P., García, D., & Pagán, R. (2011). Chemical composition of commercial citrus fruit essential oils and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes. *Food Control*, 22(6), 896–902. doi:10.1016/j.foodcont.2010.11.021

Favilla, M., Pascale, M., Ricelli, A., Evidente, A., Amalfitano, C., & Altomare, C. (2008). Inhibition of species of the *Aspergillus* section Nigri and ochratoxin a production in grapes by fusapyrone. *Applied and environmental microbiology*, 74(7), 2248–53. doi:10.1128/AEM.01998-07

Gao, C., Tian, C., Lu, Y., Xu, J., Luo, J., & Guo, X. (2011). Essential oil composition and antimicrobial activity of *Sphallerocarpus gracilis* seeds against selected food-related bacteria. *Food Control*, 22(3-4), 517–522. doi:10.1016/j.foodcont.2010.09.038

Glamoclija, J., Sokovic, M., Grubisic, D., Vukojevic, J., Milinekovic, I., & Ristic, M. (2009). Antifungal activity of *Critmum maritimum* essential oil and its components

- against mushroom pathogen *Mycogone pernicioso*. *Chemistry of Natural Compounds*, 45(1), 96–97. doi:10.1007/s10600-009-9242-0
- Goñi, P., López, P., Sánchez, C., Gómez-Lus, R., Becerril, R., & Nerín, C. (2009). Antimicrobial activity in the vapour phase of a combination of cinnamon and clove essential oils. *Food Chemistry*, 116(4), 982–989. doi:10.1016/j.foodchem.2009.03.058
- Gündüz, G. T., Gönül, S. A., & Karapinar, M. (2010). Efficacy of sumac and oregano in the inactivation of *Salmonella Typhimurium* on tomatoes. *International journal of food microbiology*, 141(1-2), 39–44. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2010.04.021
- Gutierrez, J., Barry-Ryan, C., & Bourke, P. (2008). The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. *International journal of food microbiology*, 124(1), 91–7. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2008.02.028
- Gutiérrez, L., Escudero, A., Batlle, R., & Nerín, C. (2009). Effect of mixed antimicrobial agents and flavors in active packaging films. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(18), 8564–71. doi:10.1021/jf901459e
- Hajji, M., Masmoudi, O., Souissi, N., Triki, Y., Kammoun, S., & Nasri, M. (2010). Chemical composition, angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory, antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil from *Periploca laevigata* root barks. *Food Chemistry*, 121(3), 724–731. doi:10.1016/j.foodchem.2010.01.021
- Hanamanthagouda, M. S., Kakkalameli, S. B., Naik, P. M., Nagella, P., Seetharamareddy, H. R., & Murthy, H. N. (2010). Essential oils of *Lavandula bipinnata* and their antimicrobial activities. *Food Chemistry*, 118(3), 836–839. doi:10.1016/j.foodchem.2009.05.032
- Hazzit, M., Baaliouamer, a., Veríssimo, a. R., Faleiro, M. L., & Miguel, M. G. (2009). Chemical composition and biological activities of Algerian Thymus oils. *Food Chemistry*, 116(3), 714–721. doi:10.1016/j.foodchem.2009.03.018
- Ho, C.-H., Noryati, I., Sulaiman, S.-F., & Rosma, A. (2010). In vitro antibacterial and antioxidant activities of *Orthosiphon stamineus* Benth. extracts against food-borne bacteria. *Food Chemistry*, 122(4), 1168–1172. doi:10.1016/j.foodchem.2010.03.110
- Hussain, A. I., Anwar, F., Hussain Sherazi, S. T., & Przybylski, R. (2008). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chemistry*, 108(3), 986–995. doi:10.1016/j.foodchem.2007.12.010

- Ibrahim, H., Aziz, A. N., Syamsir, D. R., Ali, N. A. M., Mohtar, M., Ali, R. M., & Awang, K. (2009). Essential oils of *Alpinia conchigera* Griff. and their antimicrobial activities. *Food Chemistry*, 113(2), 575–577. doi:10.1016/j.foodchem.2008.08.033
- Inagaki, H., Yamaguchi, A., Kato, K., Kageyama, C., Iyozumi, H., & Oki, Y. (2008). Screening of weed extracts for antifungal properties against *Colletotrichum lagenarium*, the causal agent of anthracnose in cucumber. *Weed Biology and Management*, 8(4), 276–283. doi:10.1111/j.1445-6664.2008.00308.x
- Ji, L.-L., Luo, Y.-M., & Yan, G.-L. (2008). Studies on the antimicrobial activities of extracts from *Eupatorium lindleyanum* DC against food spoilage and food-borne pathogens. *Food Control*, 19(10), 995–1001. doi:10.1016/j.foodcont.2007.10.007
- Jia, H. L., Ji, Q. L., Xing, S. L., Zhang, P. H., Zhu, G. L., & Wang, X. H. (2010). Chemical composition and antioxidant, antimicrobial activities of the essential oils of *Thymus marschallianus* Will. and *Thymus proximus* Serg. *Journal of food science*, 75(1), E59–65. doi:10.1111/j.1750-3841.2009.01413.x
- Khourya, M., El Beyrouthy, M., Ouainib, N., Iritic, M., Eparviera, V., and Stien, D. (2014). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oil of *Juniperus excelsa* M.Bieb. Growing Wild in Lebanon, *Chemistry and Biodiversity*, 11, 825–830.
- Kim, H., Cadwallader, K. R., Kido, H., & Watanabe, Y. (2013). Effect of addition of commercial rosemary extracts on potent odorants in cooked beef. *Meat Science*, 94(2), 170–176. doi:10.1016/j.meatsci.2013.01.005
- Kivrak, İ., Duru, M. E., Öztürk, M., Mercan, N., Harmandar, M., & Topçu, G. (2009). Antioxidant, anticholinesterase and antimicrobial constituents from the essential oil and ethanol extract of *Salvia potentillifolia*. *Food Chemistry*, 116(2), 470–479. doi:10.1016/j.foodchem.2009.02.069
- Klancnik, A., Piskernik, S., Jersek, B., & Mozina, S. S. (2010). Evaluation of diffusion and dilution methods to determine the antibacterial activity of plant extracts. *Journal of microbiological methods*, 81(2), 121–6. doi:10.1016/j.mimet.2010.02.004
- Kordali, S., Cakir, A., Ozer, H., Cakmakci, R., Kesdek, M., & Mete, E. (2008). Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. *Bioresource technology*, 99(18), 8788–95. doi:10.1016/j.biortech.2008.04.048

- Korukluoglu, M., Gurbuz, O., Sahan, Y., Yigit, A., Kacar, O. Y. A., & Rouseff, R. (2008). Chemical characterization and antifungal activity of *Origanum onites* L. essential oils and extracts. *Journal of Food Safety*, 29(2009), 144–161.
- Kuete, V., Nana, F., Ngameni, B., Mbaveng, A. T., Keumedjio, F., & Ngadjui, B. T. (2009). Antimicrobial activity of the crude extract, fractions and compounds from stem bark of *Ficus ovata* (Moraceae). *Journal of ethnopharmacology*, 124(3), 556–61. doi:10.1016/j.jep.2009.05.003
- Lou, Z., Wang, H., Lv, W., Ma, C., Wang, Z., & Chen, S. (2010). Assessment of antibacterial activity of fractions from burdock leaf against food-related bacteria. *Food Control*, 21(9), 1272–1278. doi:10.1016/j.foodcont.2010.02.016
- Lv, F., Liang, H., Yuan, Q., & Li, C. (2011). In vitro antimicrobial effects and mechanism of action of selected plant essential oil combinations against four food-related microorganisms. *Food Research International*, 44(9), 3057–3064. doi:10.1016/j.foodres.2011.07.030
- Mah, J.-H., Kim, Y. J., & Hwang, H.-J. (2009). Inhibitory effects of garlic and other spices on biogenic amine production in Myeolchi-jeot, Korean salted and fermented anchovy product. *Food Control*, 20(5), 449–454. doi:10.1016/j.foodcont.2008.07.006
- Matasyoh, J. C., Maiyo, Z. C., Ngure, R. M., & Chepkorir, R. (2009). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Coriandrum sativum*. *Food Chemistry*, 113(2), 526–529. doi:10.1016/j.foodchem.2008.07.097
- Mayachiew, P., & Devahastin, S. (2008). Antimicrobial and antioxidant activities of Indian gooseberry and galangal extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 41(7), 1153–1159. doi:10.1016/j.lwt.2007.07.019
- Mayachiew, P., Devahastin, S., Mackey, B. M., & Niranjana, K. (2010). Effects of drying methods and conditions on antimicrobial activity of edible chitosan films enriched with galangal extract. *Food Research International*, 43(1), 125–132. doi:10.1016/j.foodres.2009.09.006
- Midelet-Bourdin, G., Copin, S., Leleu, G., & Malle, P. (2010). Determination of *Listeria monocytogenes* growth potential on new fresh salmon preparations. *Food Control*, 21(10), 1415–1418. doi:10.1016/j.foodcont.2010.03.009
- Mishra, A. K., Mishra, A., Kehri, H. K., Sharma, B., & Pandey, A. K. (2009). Inhibitory activity of Indian spice plant *Cinnamomum zeylanicum* extracts against *Alternaria solani* and *Curvularia lunata*, the pathogenic dematiaceous moulds. *Annals of clinical microbiology and antimicrobials*, 8, 9. doi:10.1186/1476-0711-8-9

- Mota, L., Figueiredo, A.C., Pedro, L.G., Barrosoa, J.G., Miguel, M.G., Faleiro, M.L., and Ascensão, L. (2014). Volatile-Oils Composition , and Bioactivity of the Essential Oils of *Plectranthus barbatus*, *P. neochilus*, and *P. ornatus* Grown in Portugal. *Chemistry and Biodiversity*, 11, 719–732.
- Naik, J. B., & Jadge, D. R. (2010). Anti-bacterial and anti-fungal activity of *Actinopteris radiata* and *Caralluma adscendens*. *International Journal of PharmTech Research*, 2(3), 1751–1753.
- Nguefack, J., Dongmo, J. B. L., Dakole, C. D., Leth, V., Vismer, H. F., Torp, J., ... Nkengfack, a E. (2009). Food preservative potential of essential oils and fractions from *Cymbopogon citratus*, *Ocimum gratissimum* and *Thymus vulgaris* against mycotoxigenic fungi. *International journal of food microbiology*, 131(2-3), 151–6. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2009.02.009
- Nogueira, J. H. C., González, E., Galleti, S. R., Facanali, R., Marques, M. O. M., & Felício, J. D. (2010). *Ageratum conyzoides* essential oil as aflatoxin suppressor of *Aspergillus flavus*. *International journal of food microbiology*, 137(1), 55–60. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2009.10.017
- Oke, F., Aslim, B., Ozturk, S., & Altundag, S. (2009). Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten. *Food Chemistry*, 112(4), 874–879. doi:10.1016/j.foodchem.2008.06.061
- Oliveira, I., Sousa, A., Ferreira, I. C. F. R., Bento, A., Estevinho, L., & Pereira, J. A. (2008). Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of walnut (*Juglans regia* L.) green husks. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 46(7), 2326–31. doi:10.1016/j.fct.2008.03.017
- Othman, M., Loh, H. S., Wiart, C., Khoo, T. J., Lim, K. H., & Ting, K. N. (2011). Optimal methods for evaluating antimicrobial activities from plant extracts. *Journal of microbiological methods*, 84(2), 161–6. doi:10.1016/j.mimet.2010.11.008
- Palaniappan, K., & Holley, R. a. (2010). Use of natural antimicrobials to increase antibiotic susceptibility of drug resistant bacteria. *International journal of food microbiology*, 140(2-3), 164–8. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2010.04.001
- Patil, B. S., Jayaprakasha, G. K., Chidambara Murthy, K. N., & Vikram, A. (2009). Bioactive compounds: historical perspectives, opportunities, and challenges. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(18), 8142–60. doi:10.1021/jf9000132
- Petretto, G. L., Fancello, F., Zara, S., Foddai, M., Mangia, N. P., Sanna, M. L. Pintore, G. (2014). Antimicrobial Activity against Beneficial Microorganisms and Chemical

Composition of Essential Oil of *Mentha suaveolens* ssp. *insularis* grown in Sardinia. *Journal of Food Science*, 79(3), M369–M377. doi:10.1111/1750-3841.12343

- Prakash, B., Shukla, R., Singh, P., Kumar, A., Mishra, P. K., & Dubey, N. K. (2010). Efficacy of chemically characterized *Piper betle* L. essential oil against fungal and aflatoxin contamination of some edible commodities and its antioxidant activity. *International journal of food microbiology*, 142(1-2), 114–9. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2010.06.011
- Pripdeevech, P., & Chukeatirote, E. (2010). Chemical compositions, antifungal and antioxidant activities of essential oil and various extracts of *Melodorum fruticosum* L. flowers. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 48(10), 2754–8. doi:10.1016/j.fct.2010.07.002
- Rahman, A., & Kang, S. C. (2009). In vitro control of food-borne and food spoilage bacteria by essential oil and ethanol extracts of *Lonicera japonica* Thunb. *Food Chemistry*, 116(3), 670–675. doi:10.1016/j.foodchem.2009.03.014
- Randrianarivelo, R., Sarter, S., Odoux, E., Brat, P., Lebrun, M., Romestand, B., ... Danthu, P. (2009). Composition and antimicrobial activity of essential oils of *Cinnamosma fragrans*. *Food Chemistry*, 114(2), 680–684. doi:10.1016/j.foodchem.2008.10.007
- Rasooli, I., Fakoor, M. H., Yadegarinia, D., Gachkar, L., Allameh, A., & Rezaei, M. B. (2008). Antimycotoxigenic characteristics of *Rosmarinus officinalis* and *Trachyspermum copticum* L. essential oils. *International journal of food microbiology*, 122(1-2), 135–9. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.048
- Razzaghi-Abyaneh, M., Shams-Ghahfarokhi, M., Yoshinari, T., Rezaee, M.-B., Jaimand, K., Nagasawa, H., & Sakuda, S. (2008). Inhibitory effects of *Satureja hortensis* L. essential oil on growth and aflatoxin production by *Aspergillus parasiticus*. *International journal of food microbiology*, 123(3), 228–33. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2008.02.003
- Ren, B., Xia, B., Li, W., Wu, J., & Zhang, H. (2009). Two novel phenolic compounds from *Stenoloma chusanum* and their antifungal activity. *Chemistry of Natural Compounds*, 45(2), 182–186. doi:10.1007/s10600-009-9298-x
- Roby, M. H. H., Sarhan, M. A., Selim, K. A.-H., & Khalel, K. I. (2013). Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) and chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Industrial Crops and Products*, 44, 437–445. doi:10.1016/j.indcrop.2012.10.012

- Rodríguez Vaquero, M. J., Tomassini Serravalle, L. R., Manca de Nadra, M. C., & Strasser de Saad, a. M. (2010). Antioxidant capacity and antibacterial activity of phenolic compounds from argentinean herbs infusions. *Food Control*, 21(5), 779–785. doi:10.1016/j.foodcont.2009.10.017
- Rota, M. C., Herrera, A., Martínez, R. M., Sotomayor, J. a., & Jordán, M. J. (2008). Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. *Food Control*, 19(7), 681–687. doi:10.1016/j.foodcont.2007.07.007
- Rouse, S., Harnett, D., Vaughan, a, & van Sinderen, D. (2008). Lactic acid bacteria with potential to eliminate fungal spoilage in foods. *Journal of applied microbiology*, 104(3), 915–23. doi:10.1111/j.1365-2672.2007.03619.x
- Saggiorato, A. G., Gaio, I., Treichel, H., Oliveira, D., Cichoski, A. J., & Cansian, R. L. (2009). 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. doi:10.1007/s11947-009-0310-z
- Sagoo, S. K., Little, C. L., Greenwood, M., Mithani, V., Grant, K. a, McLauchlin, J., Threlfall, E. J. (2009). Assessment of the microbiological safety of dried spices and herbs from production and retail premises in the United Kingdom. *Food microbiology*, 26(1), 39–43. doi:10.1016/j.fm.2008.07.005
- Salas, M. P., Céliz, G., Geronazzo, H., Daz, M., & Resnik, S. L. (2011). Antifungal activity of natural and enzymatically-modified flavonoids isolated from citrus species. *Food Chemistry*, 124(4), 1411–1415. doi:10.1016/j.foodchem.2010.07.100
- Sharma, N., & Tripathi, A. (2008). Integrated management of postharvest Fusarium rot of gladiolus corms using hot water, UV-C and Hyptis suaveolens (L.) Poit. essential oil. *Postharvest Biology and Technology*, 47(2), 246–254. doi:10.1016/j.postharvbio.2007.07.001
- Singh, G., Kapoor, I. P. S., Singh, P., de Heluani, C. S., de Lampasona, M. P., & Catalan, C. a N. (2008). Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of *Zingiber officinale*. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 46(10), 3295–302. doi:10.1016/j.fct.2008.07.017
- Singh, P., Shukla, R., Prakash, B., Kumar, A., Singh, S., Mishra, P. K., & Dubey, N. K. (2010). Chemical profile, antifungal, antiaflatoxic and antioxidant activity of *Citrus maxima* Burm. and *Citrus sinensis* (L.) Osbeck essential oils and their cyclic monoterpene, DL-limonene. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 48(6), 1734–40. doi:10.1016/j.fct.2010.04.001

- Soylu, E. M., Kurt, S., & Soylu, S. (2010). In vitro and in vivo antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. *International journal of food microbiology*, 143(3), 183–9. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2010.08.015
- Sulaiman, S. F., & Ooi, K. L. (2012). Antioxidant and anti food-borne bacterial activities of extracts from leaf and different fruit parts of *Myristica fragrans* Houtt. *Food Control*, 25(2), 533–536. doi:10.1016/j.foodcont.2011.11.005
- Tajkarimi, M. M., Ibrahim, S. a., & Cliver, D. O. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, 21(9), 1199–1218. doi:10.1016/j.foodcont.2010.02.003
- Tavares, A. C., Gonçalves, M. J., Cruz, M. T., Cavaleiro, C., Lopes, M. C., Canhoto, J., & Salgueiro, L. R. (2010). Essential oils from *Distichoselinum tenuifolium*: chemical composition, cytotoxicity, antifungal and anti-inflammatory properties. *Journal of ethnopharmacology*, 130(3), 593–8. doi:10.1016/j.jep.2010.05.054
- Tenore, G. C., Ciampaglia, R., Arnold, N. A., Piozzi, F., Napolitano, F., Rigano, D., & Senatore, F. (2011). Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oil of *Salvia lanigera* from Cyprus. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 49(1), 238–43. doi:10.1016/j.fct.2010.10.022
- Tirillini, B., Pagiotti, R., Angelini, P., Pintore, G., Chessa, M., & Menghini, L. (2009). Chemical composition and fungicidal activity of the essential oil of *Laserpitium garganicum* from Italy. *Chemistry of Natural Compounds*, 45(1), 103–105. doi:10.1007/s10600-009-9237-x
- Tiwari, B. K., Valdramidis, V. P., O'Donnell, C. P., Muthukumarappan, K., Bourke, P., & Cullen, P. J. (2009). Application of natural antimicrobials for food preservation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(14), 5987–6000. doi:10.1021/jf900668n
- Abubacker, M.N. and Ramanathan, R. (2012). Antibacterial Activities of *Argemone mexicana* L . (Papavaraceae) Leaf Extract on Pathogenic Bacterial Strains. *Drug Invention Today*, 4(6), 385–387.
- Tolouee, M., Alinezhad, S., Saberi, R., Eslamifar, A., Zad, S. J., Jaimand, K., Razzaghi-Abyaneh, M. (2010). Effect of *Matricaria chamomilla* L. flower essential oil on the growth and ultrastructure of *Aspergillus niger* van Tieghem. *International journal of food microbiology*, 139(3), 127–33. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2010.03.032

- Tsai, T.-H., Tsai, T.-H., Wu, W.-H., Tseng, J. T.-P., & Tsai, P.-J. (2010). In vitro antimicrobial and anti-inflammatory effects of herbs against *Propionibacterium acnes*. *Food Chemistry*, *119*(3), 964–968. doi:10.1016/j.foodchem.2009.07.062
- Tserennadmid, R., Takó, M., Galgóczy, L., Papp, T., Pesti, M., Vágvölgyi, C., Krisch, J. (2011). Anti yeast activities of some essential oils in growth medium, fruit juices and milk. *International journal of food microbiology*, *144*(3), 480–6. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2010.11.004
- Tyagi, A. K., & Malik, A. (2011a). Antimicrobial potential and chemical composition of *Eucalyptus globulus* oil in liquid and vapour phase against food spoilage microorganisms. *Food Chemistry*, *126*(1), 228–235. doi:10.1016/j.foodchem.2010.11.002
- Tyagi, A. K., & Malik, A. (2011b). Antimicrobial potential and chemical composition of *Mentha piperita* oil in liquid and vapour phase against food spoiling microorganisms. *Food Control*, *22*(11), 1707–1714. doi:10.1016/j.foodcont.2011.04.002
- Unlu, M., Ergene, E., Unlu, G. V., Zeytinoglu, H. S., & Vural, N. (2010). Composition, antimicrobial activity and in vitro cytotoxicity of essential oil from *Cinnamomum zeylanicum* Blume (Lauraceae). *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, *48*(11), 3274–80. doi:10.1016/j.fct.2010.09.001
- Webster, D., Taschereau, P., Belland, R. J., Sand, C., & Rennie, R. P. (2008). Antifungal activity of medicinal plant extracts; preliminary screening studies. *Journal of ethnopharmacology*, *115*(1), 140–6. doi:10.1016/j.jep.2007.09.014
- Weerakkody, N. S., Caffin, N., Turner, M. S., & Dykes, G. a. (2010). In vitro antimicrobial activity of less-utilized spice and herb extracts against selected food-borne bacteria. *Food Control*, *21*(10), 1408–1414. doi:10.1016/j.foodcont.2010.04.014
- Wei, Q., Wolf-Hall, C., & Hall, C. a. (2009). Application of raisin extracts as preservatives in liquid bread and bread systems. *Journal of food science*, *74*(4), M177–84. doi:10.1111/j.1750-3841.2009.01137.x
- Witkowska, A. M., Hickey, D. K., Alonso-Gomez, M., & Wilkinson, M. G. (2011). The microbiological quality of commercial herb and spice preparations used in the formulation of a chicken supreme ready meal and microbial survival following a simulated industrial heating process. *Food Control*, *22*(3-4), 616–625. doi:10.1016/j.foodcont.2010.10.014
- Wong, R. W. K., Hägg, U., Samaranayake, L., Yuen, M. K. Z., Seneviratne, C. J., & Kao, R. (2010). Antimicrobial activity of Chinese medicine herbs against common

- bacteria in oral biofilm. A pilot study. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 39(6), 599–605. doi:10.1016/j.ijom.2010.02.024
- Xia, D., Wu, X., Shi, J., Yang, Q., & Zhang, Y. (2011). Phenolic compounds from the edible seeds extract of Chinese Mei (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) and their antimicrobial activity. *LWT - Food Science and Technology*, 44(1), 347–349. doi:10.1016/j.lwt.2010.05.017
- Yim, N.-H., Jung, Y. P., Cho, W.-K., Kim, T., Kim, A., Im, M., & Ma, J. Y. (2013). Screening of aqueous extracts of medicinal herbs for antimicrobial activity against oral bacteria. *Integrative Medicine Research*, 2(1), 18–24. doi:10.1016/j.imr.2013.02.002
- Yoo, K. M., Lee, C. H., Lee, H., Moon, B., & Lee, C. Y. (2008). Relative antioxidant and cytoprotective activities of common herbs. *Food Chemistry*, 106(3), 929–936. doi:10.1016/j.foodchem.2007.07.006
- Yossa, N., Patel, J., Miller, P., & Lo, Y. M. (2010). Antimicrobial activity of essential oils against *Escherichia coli* O157:H7 in organic soil. *Food Control*, 21(11), 1458–1465. doi:10.1016/j.foodcont.2010.03.016
- Zweifel, C., & Stephan, R. (2012). Spices and herbs as source of *Salmonella*-related foodborne diseases. *Food Research International*, 45(2), 765–769. doi:10.1016/j.foodres.2011.02.024