

## **Compuestos antimicrobianos de origen natural contra mohos de interés en los alimentos: Estado del arte**

CORTES-CORTES, Gerardo†\*, OCHOA-VELSCO, Carlos, NAVARRO-CRUZ, Addí y AVILA-SOSA, Raúl

*Departamento de Bioquímica-Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 14 Sur y Av. San Claudio, Ciudad Universitaria, 72420 Puebla, Pue., Mexico.*

Recibido Enero 9, 2015; Aceptado Junio 22, 2015

### **Resumen**

Las plantas como parte de su metabolismo generan una gran cantidad de compuestos que pueden ser obtenidos a través de extractos o aceites esenciales. A lo largo de la historia del hombre, algunas plantas se han utilizado con fines medicinales debido a sus propiedades terapéuticas, además la presencia de sustancias como alcaloides, derivados oxigenados y compuestos derivados de terpenos que han demostrado tener acción antimicrobiana. En ese sentido, los compuestos extraídos de plantas pueden ser considerados como alternativas para la conservación de alimentos. El objetivo de esta revisión es analizar una selección de reportes que documentan el estado del arte en esta área, la revisión se realizó a partir de 2008 hasta mediados de 2014. La investigación se enfocó en estudios de actividad antimicrobiana de extractos y aceites esenciales de más de cincuenta especies de plantas ampliamente distribuidas alrededor del mundo, frente a mohos de interés en la industria alimentaria.

**Conservación de alimentos, antimicrobianos de origen natural, mohos.**

### **Abstract**

Plants and herbs as part of their metabolism generate a large amount of compounds that can be obtained as extracts or essential oils. Throughout human history, some plants have been used for medicinal purposes because of its therapeutic properties, besides the presence of substances such as alkaloids, oxygenated derivatives and terpenes that have antimicrobial action. Compounds extracted from plants can be considered as an alternative to food preservation.

The aim of this review was to analyze a selection of reports documenting the state of the art in this area. The review was conducted from 2008 to mid of 2014, and focuses in studies of extracts and essential oils with antimicrobial activity of near fifty species of plants widely distributed around the world, against molds of interest in food industry.

**Food preservation, natural antimicrobials, molds.**

**Citación:** CORTES-CORTES, Gerardo, OCHOA-VELSCO, Carlos, NAVARRO-CRUZ, Addí y AVILA-SOSA, Raúl. Compuestos antimicrobianos de origen natural contra mohos de interés en los alimentos: Estado del arte. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales 2015, 1-1: 1-15

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: dorarger1020@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La actividad microbiana es un modo primario de deterioro en muchos alimentos y es en la mayoría de las veces, responsable de la pérdida en calidad y seguridad de los mismos (Mayachiew, Devahastin, Mackey y Niranján, 2010; Akthar, Degaga y Azam, 2014). La preocupación por los microorganismos patógenos y deterioradores se ha incrementado debido al desarrollo de brotes y enfermedades transmitidas por los alimentos (Al-Zoreky, 2009). Bacterias Gram positivas, Gram negativas y mohos son los principales microorganismos responsables de enfermedades e intoxicaciones causadas por el consumo de alimentos contaminados, generando serias repercusiones económicas tanto en la industria alimentaria como en el sector salud (Bajpai, Rahman y Kang, 2008; Al-Zoreky, 2009; Rahman y Kang, 2009; Sago et al., 2009; Cui, Gabriel y Nakano, 2010; Midelet-Bourdin, Copin, Leleu y Malle, 2010; Yossa, Patel, Miller y Lo, 2010).

Los conservadores químicos o sintéticos aplicados a alimentos han generado que los microorganismos tengan cierta resistencia o bien se han encontrado diferentes enfermedades relacionadas a su uso irracional en alimentos (Inagaki et al., 2008; Lou et al., 2010; Palaniappan y Holley, 2010; Abubacker y Ramanathan, 2012). En ese sentido, los extractos de hierbas y especias han sido usado desde la antigüedad para diferentes propósitos (Weerakkody, Caffin, Turner y Dykes, 2010), tales como evitar el crecimiento microbiano en alimentos o para tratar diferentes padecimientos generados por los microorganismos.

En los últimos años los investigadores han enfocado gran parte de su esfuerzo en el desarrollo de nuevas alternativas para la conservación de alimentos; siendo los aceites esenciales y extractos de hierbas y plantas de gran interés debido a la gran cantidad de metabolitos secundarios que poseen que les confieren un fuente de antimicrobianos naturales. (Bajpai et al., 2008; Mayachiew y Devahastin, 2008; Zhang, Zhang, Ni, Yang y Wang, 2011).

Los hongos son microorganismos que tienen gran capacidad de adaptación y síntesis bioquímica, así como un potencial enzimático importante en la industria alimentaria (Favilla et al., 2008). Sin embargo, algunas modificaciones producidas por estos microorganismos en los alimentos se pueden traducir en alteraciones de las características físicas, nutricionales y sensoriales que derivan en pérdidas económicas (Kim, Cadwallader, Kido y Watanabe, 2013). Aunque existen investigaciones y revisiones bibliográficas acerca del efecto de sustancias naturales sobre microorganismos patógenos, no existen trabajos acerca del papel de éstas sobre hongos deterioradores en alimentos, por lo que el objetivo de esta revisión es evaluar el estado del arte de este tipo de compuestos.

## Compuestos extraídos de plantas con actividad anti fúngica

Los aceites esenciales obtenidos de plantas son un complejo de compuestos bioactivos tales como monoterpenos, sesquiterpenos y derivados oxigenados (Arif et al., 2009). De manera general, la composición de los aceites es un balance de varias sustancias, aunque en algunas especies un constituyente puede predominar en cantidad y actividad sobre los otros.

A continuación se describen los hallazgos de una selección de reportes sobre plantas y compuestos obtenidos a partir de ellas, que han demostrado de manera *in vitro* tener actividad inhibitoria hacia hongos deterioradores de alimentos y cuyo resumen se puede observar en la Tabla 1.

Una sería problemática de los hongos en los alimentos es la producción de toxinas (Rasooli et al., 2008; Nogueira et al., 2010). Bluma, Amaiden y Etcheverry (2008), evaluaron el efecto de 96 extractos provenientes de 41 especies vegetales nativas de Argentina frente al crecimiento de *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus* aislados de cultivos de maíz. Encontraron que los extractos de clavo de olor (*Syzygium aromaticum*), tomillo de montaña (*Hedeoma multiflora*) y poleo (*Mentha piperita*) tuvieron mejor efecto antifúngico y redujeron la presencia de aflatoxina B1. Plantas comunes como *Fragaria virginiana* Duchesne, *Epilobium angustifolium* L., *Potentilla simplex* Michx., *Alnus viridis* DC., *Betula alleghaniensis* Britt., *Solidago gigantea* Ait., *Hyptis suaveolens* (L.), *Chamaemelum nobilis* L., *Crataegus monogyna* Jacq. y *Hyptis suaveolens* (L.) Poit., también han demostrado buena actividad inhibitoria frente a hongos productores de toxinas (Webster, Taschereau, Belland, Sand y Rennie, 2008; Sharma y Tripathi, 2008; Yoo, Lee, Lee, Moon y Lee, 2008).

Por su parte Nguefack et al. (2009), evaluaron el efecto antifúngico de los extractos de *Ocimum gratissimum* L. frente a cepas de los hongos micotoxigénicos *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium expansum* y *P. Verrucosum* mostrando actividad inhibitoria. *Satureja hortensis* L. es otra planta que ha demostrado tener efecto inhibitorio frente a *A. flavus*, sugiriendo que su aceite esencial podría ser usado como parte de los fungicidas botánicos ecológicamente sostenibles (Dikbas, Kotan, Dadasoglu y Sahin, 2008; Razzaghi-Abyaneh et al., 2008). El mismo efecto se ha observado con la planta medicinal *Ageratum conyzoides*, cuyo extracto ocasiona cambios en la endomembrana de *A. flavus* (Nogueira et al., 2010). Prakash et al. (2010), argumentan que *Piper betle* L. también presenta inhibición del crecimiento en *Aspergillus* spp.

*A. conchigera* Griff. es una planta de la que se conocen alrededor de 50 compuestos con propiedades medicinales comprobadas; Ibrahim et al. (2009) reportan actividad antifúngica de sus componentes principales ( $\beta$ -bisaboleno,  $\beta$ -pineno,  $\beta$ -sesquifellandreno, cavicol y  $\beta$ -elemeno) frente a *Microsporum canis*, *Trichophyton mentagrophytes* y *T. rubrum*.

La información respecto a la eficacia antimicrobiana de extractos de plantas sobre los hongos dematiáceos (hongos negros) es escasa. Mishra, Mishra, Kehri, Sharma y Pandey (2009), realizaron la caracterización fitoquímica y evaluaron el efecto antimicrobiano de diferentes extractos de *Cinnamomum zeylanicum*, frente *Alternaria solani* y *Curvularia lunata*, observando efecto antifúngico en diferentes concentraciones, siendo el extracto acuoso el más eficaz. El mismo efecto se ha reportado frente a *Candida* spp. (Unlu, Ergene, Unlu, Zeytinoglu y Vural, 2010).

Singh et al. (2010), determinaron el perfil químico y actividad antifúngica de *Citrus sinensis* L. frente a *Aspergillus flavus* (NKD-116, cepa toxigénica), *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. terreus*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Curvularia lunata*, *Fusarium oxysporum*, *Helminthosporium oryzae* y *Trichoderma viride*, de forma individual y combinada. Encontraron que el DL-limoneno es el componente mayoritario esta planta y que a este pudiera deberse la gran actividad antifúngica. Tserennadmid et al. (2011), evaluaron la actividad de *Citrus lemon* junto con otros extractos de otras plantas (*Salvia sclarea*, *Juniperus communis*, y *Origanum majorana*) frente a las levaduras *Geotrichum candidum*, *Pichia anomala*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Schizosaccharomyces pombe*. La levadura más sensible fue *S. pombe*, mientras que *G. candidum* fue la más resistente a cada uno de los aceites. La combinación de savia con enebro tuvo efecto inhibitorio aditivo para *S. cerevisiae* y *G. candidum*. 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. También se ha reportado inhibición de *S. cerevisiae* con especies del género *Plectranthus* spp. (Mota et al., 2014). Por su parte, Salas, Céliz, Geronazzo, Daz y Resnik (2011), coinciden en que flavonoides obtenidos de diferentes especies del género *Citrus*, como la naringina, hesperidina o neohesperidina, tienen buen efecto inhibitorio sobre *A. parasiticus*, *A. flavus*, *Fusarium semitectum* y *Penicillium expansum*.

Se sabe que el cilantro (*Coriandrum sativum*) posee actividad antimicrobiana, pero poco se sabe sobre los componentes que participan; Matasyoh, Maiyo, Ngure y Chepkorir (2009), evaluaron la actividad inhibitoria en *C. albicans*, detectando 24 componentes químicos en el aceite, en su mayoría aldehídos y alcoholes (2E-decenal, decanal, 2E-decen-1-ol y n-decanol). Encontraron buena actividad antifúngica. El perejil marino (*C. maritimum*) es una planta valorada por su sabor salado, picante, alto contenido de vitamina C y sales minerales. Glamoclija et al. (2009), evaluaron la actividad inhibitoria de esta planta frente a *Mycogone pernicioso*, agente patógeno en setas, mostrando buena actividad antifúngica.

Tavares et al. (2010), evaluaron la actividad antifúngica de *Distichoselinum tenuifolium*. Describieron que el mirceno es el componente principal, teniendo actividad inhibitoria hacia *Cryptococcus neoformans* y dermatofitos (*Epidermophyton floccosum*, *Trichophyton mentagrophytes* y *Microsporum canis*). Tyagi y Malik (2011a, 2011b), evaluaron la actividad antimicrobiana de extractos de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y menta (*Mentha piperita*) frente a *P. digitatum*, *A. flavus*, *A. niger*, *Mucor* spp. y *F. oxysporum*, concluyendo que los principales componentes de ambos extractos (1,8-cineol, limoneno, p-cimeno,  $\gamma$ -terpineno,  $\alpha$ -pineno y  $\alpha$ -terpineol) son los que otorgan las propiedades antiúngicas.

El género *Ficus* está bien documentado de poseer propiedades antioxidantes y antimicrobianas; sin embargo, poco se sabe sobre la actividad biológica de la especie *F. ovata* Vahl. Kuete et al. (2009), evaluaron la actividad antimicrobiana de extractos de esta planta frente a *Candida albicans* y *Microsporum audouinii*, documentando el notable efecto inhibitorio, además de proponer a esta planta como fuente de compuestos viables para el desarrollo de nuevos antimicrobianos.

Por otro lado Ahmadi, Sadeghi, Modarresi, Abiri y Mikaeli (2010), analizaron la composición química y la actividad antimicrobiana del extracto metanólico de *Hymenocrater longiflorus* Benth. Identificaron 87 compuestos volátiles que fueron principalmente hidrocarburos monoterpenos, sesquiterpenos, monoterpenos oxigenados y sesquiterpenos oxigenados. Los resultados demostraron que el aceite y la subfracción polar son más efectivos contra *A. niger* y *Candida*. Dzamic et al. (2009), investigaron la actividad antifúngica del anís de estrella (*Illicium verum*) y el clavo de olor (*Eugenia caryophyllata* Thun.), encontrando mejores resultados con *E. caryophyllata* Thun. aunque hongos como *Trichoderma viride*, *Penicillium* spp. y algunas especies de *Aspergillus* fueron resistentes. Este trabajo confirmó al anetol como el compuesto activo responsable de tal actividad en el anís y al eugenol en el clavo.

El nogal (*Juglans regia* L.) es un cultivo valioso y popular en gran parte del mundo. Oliveira et al. (2008), estudiaron los extractos de cinco variantes de nogal demostrando que el contenido de fenoles totales tiene actividad antimicrobiana frente *C. albicans* y *Cryptococcus neoformans*. 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.

Khoury et al. (2014), evaluaron la composición química del aceite de *Juniperus excelsa* M.BIEB y su actividad antifúngica. Se encontraron 28 constituyentes siendo los hidrocarburos monoterpenos y los sesquiterpenos ( $\alpha$ -pineno,  $\alpha$ -cedrol y d-car-3-eno) los mayoritarios. Los 3 compuestos identificados fueron evaluados de manera individual y en combinación, siendo el d-car-3-eno el que presentó mejor actividad inhibitoria frente a *Trichophyton rubrum*.

Por su parte Tirillini et al. (2009), evaluaron la actividad inhibitoria de *Laserpitium garganicum* subsp. *garganicum* (Ten.) Bertol. frente a *Trichoderma viride*, *P. pinophilum*, *P. chrisogenum*, *A. niger*, *A. terreus* y *Chaetosphaeridium globosum*. Identificaron a 56 compuestos, los principales fueron mirceno,  $\beta$ -felandreno, sabineno y  $\gamma$ -muroleno. El extracto mostró buena actividad antifúngica hacia los microorganismos evaluados, resaltando la alta sensibilidad de *A. niger*.

El aceite esencial de lavanda (*Lavandula bipinnata*) es un aditivo para muchos medicamentos de venta libre, productos cosméticos y aromaterapia. Hanamanthagouda et al. (2010), evaluaron la composición química y la actividad antimicrobiana de *L. bipinnata* encontrando al transcarveol, pulegona, alcanfor y mentol como los componentes principales, así como amplio espectro antimicrobiano frente a *A. niger*, *P. notatum* y *C. albicans*.

Otra planta muy utilizada es la manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.), Tolouee et al. (2010), evaluaron el efecto del  $\alpha$ -bisabolol, trans-trans-farnesol, cis- $\beta$ -farneseno y guayazuleno, entre otros, frente a la ultraestructura de *A. niger*, observando cambios en la permeabilidad celular del hongo (ruptura de la membrana citoplasmática y organelos intracelulares, desprendimiento de la membrana plasmática y desorganización completa de compartimentos de las hifas).

En un trabajo relacionado Roby, Sarhan, Selim y Khalel (2013), demostraron poca actividad antifúngica de *M. chamomilla* L. y *Foeniculum vulgare* L. frente a *A. flavus* y *C. albicans*.

El aceite esencial de flores de *Melodorum fruticosum* L. se utiliza comúnmente en aromaterapia y medicina tradicional. Pripdeevech y Chukeatirote (2010), analizaron su composición química y propiedades antifúngicas, identificando a 88 compuestos volátiles, siendo la 1-fenilbutanona, linalol, alcohol bencílico,  $\alpha$ -cadinol, globulol y el viridiflorol los principales y que presentan actividad inhibitoria frente a *Collectotrichum* spp., *Trichoderma reesei* y *Lasiodiplodia theobromae*.

Los estudios *in vitro* realizados por du Plooy, Regnier y Combrinck (2009), indicaron que los aceites esenciales de hierbabuena (*Mentha spicata*) y algunos de sus componentes como los terpenoides, fueron activos contra *P. digitatum*. En una serie de ensayos subsiguientes, aceites esenciales de hierbabuena y *Lippia scaberrima*, así como (d)-limoneno y R-(-)-carvona, fueron incorporados a una amplia variedad de recubrimientos comerciales cítricos. 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, Escudero, Batlle y Nerín, 2009; Espina et al., 2011). Petretto et al. (2014), estudiaron la composición química y la actividad antimicrobiana de *Mentha suaveolens* ssp. *Insularis*. Identificaron a 34 compuestos oxigenados monoterpenos, entre ellos la pulegona, determinaron que el extracto de esta planta inhibe a *Saccharomyces cerevisiae*, *Kloeckera apiculata*, *Candida zemplinina*, *Metschnikowia pulcherrima* y *Tetrapisispora phaffii*.

Entre las más de 150 especies del género *Ocimum*, el aceite esencial de *O. basilicum* L. es el más utilizado comercialmente. Hussain, Anwar, Hussain Sherazi y Przybylski (2008), determinaron que el componente principal de este aceite es el linalol, seguido por epi- $\alpha$ -cadinol y  $\gamma$ -cadineno, con actividad antifúngica frente a *A. niger*, *Mucor mucedo*, *F. solani*, *Botryodiplodia theobromae* y *R. solani*. Este extracto ha sido evaluado en alimentos frescos listos para el consumo como salchichas, mostrando buena actividad inhibitoria sobre todo para hongos (Saggiorato et al., 2009).

El género *Origanum* posee especies con actividad antifúngica (Korukluoglu et al., 2008). Kordali et al. (2008), llevaron a cabo un estudio para determinar la actividad antifúngica *O. acutidens* aislado de Turquía. Los ensayos antifúngicos demostraron que el aceite de *O. acutidens* junto con el carvacrol y timol inhiben completamente el crecimiento micelial de 17 hongos fitopatógenos y que sus efectos son superiores al fungicida agrícola comercial benomil. El mismo efecto ha sido reportado con *O. onites* L. y *O. glandulosum* Desf. (Bendahou et al., 2008; Dzamic et al., 2008). Avila-Sosa et al. (2010), evaluaron la actividad inhibitoria del orégano mexicano (*Lippia berlandieri* Schauer) adicionado a películas comestibles de amaranto, quitosano y almidón a diferentes concentraciones frente a *A. niger* y *Penicillium* spp. La mejor actividad antifúngica de las películas comestibles se observó con el almidón, seguido por el quitosano y el amaranto. En un trabajo posterior, Avila-Sosa et al. (2011a), también reportan buena actividad antimicrobiana de *Lippia berlandieri* var. *Scanner*, *Cinnamomum verum* y *Cymbopogon citratus*.

Este mismo grupo de trabajo evaluó el efecto inhibitorio de diferentes plantas mexicanas (*Baccharis salicifolia*, *Buddleia americana*, *Byrsonima cordata*, *Lantana cámara*, *Lippia berlandieri* var. Scanner y *Tagetes lucida*) frente al hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, asilado de una papaya infectada. Demostraron que los extractos con etanol de *B. salicifolia* y *L. berlandieri* var. Scanner y poseen efecto inhibitorio de la fase reproductiva de *C. gloeosporioides* (Avila-Sosa et al., 2011b). Castilho, Savluchinske-Feio, Weinhold y Gouveia (2012), concluyen que el extracto de *O. vulgare* subsp. *virens* es efectivo frente a levaduras. Lo mismo se ha visto en bacterias (de Souza, de Barros, de Oliveira y da Conceição, 2010).

Hajji et al. (2010), evaluaron la composición química y la actividad de *Periploca laevigata*. Identificaron 43 componentes en el aceite esencial (el principal, benzaldehído), mostrando actividad frente a *A. niger*, *A. clavatus*, *F. solani* y *F. oxysporum*. Xia, Wu, Shi, Yang y Zhang (2011), evaluaron el efecto antimicrobiano de los compuestos fenólicos de *Prunus mume* 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, con actividad inhibitoria frente a *C. albicans*, *S. cerevisiae* y *A. niger*.

Kivrak et al. (2009), evaluaron la actividad antimicrobiana de *Salvia potentillifolia*. Detectaron 123 componentes en el aceite esencial, detectando actividad inhibitoria frente a *C. albicans* y *C. tropicalis*.

David, Elumalai, Sivakumar, Therasa y Thirumalai (2010), investigaron la actividad antifúngica de diversos extractos de semillas de *Solanum surattense*. 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*, *A. niger*, *A. fumigatus* y *A. flavus* con los extractos etanólicos. *Stenoloma chusanum* (L.) se usa en la medicina china para mitigar algunas enfermedades. 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, Xia, Li, Wu y Zhang (2009), 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 *C. albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *T. rubrum*, *T. mentagrophytes*, *M. canis*, *Epidermophyton floccosum*, y *A. niger*. Sin embargo, cuando estos compuestos forman glicósidos el efecto es menor.

Se ha visto que diferentes especies de tomillo como *Thymus vulgaris*, *T. zygis* subsp. *gracilis* y *T. hyemalis* Lange, presentan individualmente buena actividad antimicrobiana. 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 (Rota, Herrera, Martínez, Sotomayor y Jordán, 2008). Jia et al. (2010), caracterizaron la composición química, evaluaron la actividad antioxidante así como antimicrobiana de las especies *T. marschallianus* Will. y *T. proximus* Serg. Los componentes principales en las dos especies fueron timol, p-cimeno y  $\gamma$ -terpineno.

Las dos especies de tomillo mostraron buena actividad antimicrobiana frente a *Rhizopus* spp. y *Penicillium* spp. También se ha reportado efecto hacia algunas bacterias (El Abed et al., 2014).

Las uvas (*Vitis vinifera* L.) contienen altos niveles de conservadores naturales con actividad antimicrobiana. Wei, Wolf-Hall y Hall (2009), evaluaron la capacidad de inhibición del extracto etanólico de *V. vinifera* L. y de un jugo comercial de uvas frente a *A. flavus* y *P. chrysogenum* en un modelo líquido de pan. Observaron inhibición en el crecimiento de estos hongos contaminantes incluso a bajas concentraciones del extracto, atribuyendo este efecto al alto contenido de ácido propiónico.

En la medicina tradicional, los rizomas de jengibre (*Zingiber officinale*) son consumidos para aliviar las flatulencias, promover el apetito o lavar las heridas. Singh et al. (2008), evaluaron el efecto antimicrobiano de esta planta frente a diferentes hongos, encontrando un efecto inhibitorio notable contra *F. moniliforme*, patógeno asociado al maíz y arroz.

### **Mecanismos de acción**

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 (Soylu, Kurt y Soyly, 2010; Tolouee et al., 2010). 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; Wong et al., 2010).

Los aceites esenciales pasan a través de la pared celular y la membrana citoplasmática de los mohos, desorganizando los arreglos estructurales de diferentes polisacáridos, ácidos grasos y fosfolípidos, dañando así las capas de lípidos y proteínas (Arif et al., 2009; Okoh, Sadimenko y Afolayan, 2010).

Los componentes de los aceites esenciales disminuyen el potencial de membrana, afectando los niveles de Ca<sup>2+</sup> 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 y Cliver, 2010; Chua, 2013).

### **Conclusiones**

Es innegable el potencial biológico de los compuestos químicos presentes en los aceites esenciales. Sin embargo, queda por abordar una parte fundamental para poder aplicarlos como conservadores de alimentos y es que en todos los reportes aquí abordados, 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 aceites esenciales pudieran ser utilizados como antimicrobianos, debe considerarse también el impacto en las características sensoriales que estos pudieran ejercer sobre el alimento, ya que podrían alterar el sabor y olor generando el rechazo por los consumidores.

Por otro lado, muchos autores coinciden en que saber si el extracto de una planta tiene efecto antimicrobiano es sólo el primer paso, ya que también se debe conocer al compuesto responsable de tal acción o si bien es un efecto sinérgico entre dos o más sustancias.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Vicerrectoría de Docencia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por el apoyo para la realización de este trabajo.



Planta	Compuesto químico	Hongo inhibido	Referencia
<i>Samolus bartramia</i> L.	Carvacrol, timol	<i>Aspergillus</i> spp.	Dikhan, Kotan, Dadaoglu y Sahin, 2008; Fazaghi-Abzani et al., 2008.
<i>Hibiscus rusculeus</i> (L.) Poit., <i>Phlogotheca</i> Duchassa, <i>Epilobium angustifolium</i> L., <i>Potentilla simplex</i> Michx., <i>Achillea vrilida</i> DC., <i>Bemisia algibarenensis</i> Benth., <i>Solidago gigantea</i> Ait., <i>Climacium nobilis</i> L., <i>Crotalaria monogyna</i> Jacq.	1,8-cineol (44.4%), β-pineno	<i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>A. flavus</i> , <i>Fusarium solani</i> , <i>F. oxysporum</i>	Sharma & Tiphathi, 2008; Webster, Tancham, Belland, Sand y Ramia, 2008; Yoo Yoo, Lee, Lee, Moon y Lee, 2008
<i>Vitis vinifera</i> L.	Acido propionico	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i>	Wei, WolfHall y Hall, 2009
<i>Origanum heracleoticum</i> L., <i>Silivium verum</i> , <i>Eugenia caryophyllata</i>	Carvacrol, timol, β-bisandreno, trans-anetol, estragal, β-cariofileno	<i>Cladosporium fulvum</i> , <i>C. cladosporioides</i> , <i>Phanerochaete chlamydosporia</i> , <i>Phoma nagastrioides</i> , <i>Trichoglyphis meneghinii</i> , <i>Trichoderma viride</i> , <i>Fusarium sporotrichoides</i> , <i>Penicillium</i> spp., <i>Aspergillus</i> spp.	Dzanic et al., 2008; Dzanic et al., 2009
<i>Ocimum basilicum</i> L.	Linalol, epi-o-cadinol, o-beganoato	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Mucor mucedo</i> , <i>Fusarium solani</i> , <i>Botryodiplodia theobromae</i> , <i>Rhizopus solani</i>	Hussain, Amran, Hussain Sheari y Przybylski, 2008
<i>Origanum onites</i> L.	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>	Koraloglu et al., 2008
<i>Zingiber officinale</i> , <i>Citrus maxima</i> Britt., <i>Citrus</i>	Eugenol, Zingerona, limoneno,	<i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. terreus</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>Cladosporium</i>	Singh et al., 2008; Singh et al., 2010
<i>Zinnia</i> (L.) Orsbek	α-pineno, β-pineno	<i>Rhizopus</i> , <i>Camarosporium</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>F. moniliforme</i> , <i>Heliobolusporium oryzae</i> , <i>Trichoderma viride</i>	
<i>Cymbopogon citratus</i> , <i>Ocimum gratissimum</i> , <i>Thymus vulgaris</i>	Fenoles	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Penicillium expansum</i> y <i>F. verticillium</i>	Nguetack et al., 2009
<i>Cissampelos Zolaniatum</i>	Fenoles, flavonoides, terpenoides, taninos, saponinas, saponinas	<i>Alternaria solani</i> , <i>Camarosporium</i>	Mishra, Mishra, Kishi, Sharma y Prasad, 2009
<i>Stenoloma chalcidum</i> (L.)	Acido vanílico, ácido geránico	<i>Cyrtosporium seiformans</i> , <i>Trichoglyphis rubrum</i> , <i>F. monoglyphis</i> , <i>Moroglyphum casu</i> , <i>Epidermophyton floccosum</i> , <i>Aspergillus niger</i>	Rao et al., 2009
<i>Laserpitium gariparicum</i> subsp. <i>gariparicum</i> (Ten.) Bertol.	miceno, β-bisandreno, sabineno	<i>Trichoderma viride</i> , <i>Penicillium pinophilum</i> , <i>F. chrysogenum</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>A. terreus</i> , <i>Chaetophthalium globosum</i>	Tiellini et al., 2009
<i>Lippia berlandieri</i> Schauer, <i>Baccharis calycifolia</i> , <i>Rhodia americana</i> , <i>Byrsonima cordata</i> , <i>Luzania ciliata</i> , <i>Lippia berlandieri</i> var. <i>Scamoni</i> , <i>Tapeze lucida</i> , <i>Cissampelos verum</i> , <i>Cymbopogon citratus</i>	Carvacrol, timol, p-cimeno, 1, 8-cineol, γ-terpineno, eugenol, cumarilalido, α-terpinenol, geraniol	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium</i> spp., <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Penicillium digitatum</i>	Avila-sosa et al., 2010; Avila-sosa et al., 2011a; Avila-sosa et al., 2011b
<i>Agaveum coropido</i>	preoceno I, preoceno II, cumarina, trans-cariofileno	<i>Aspergillus flavus</i>	Nogata et al., 2010
<i>Piper betle</i> L.	Eugenol, α-terpinenol	<i>Aspergillus</i> spp.	Prabhu et al., 2010
<i>Solanum suratanense</i>	Alcaloides, flavonoides	<i>Aspergillus niger</i> , <i>A. fumigatus</i> , <i>A. flavus</i>	David, Elhamali, Sivakumar, Theesay y Thirumalai, 2010
<i>Periploca lanigera</i>	Benzaldehido, carvacrol, salicilaldehido, 1, 8-cineol	<i>Aspergillus niger</i> , <i>A. clavatus</i> , <i>Fusarium solani</i> , <i>F. oxysporum</i>	Haji et al., 2010
<i>Lamandula nigricans</i>	Trans-cervol, pulgona, anisofol, mentol	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium notatum</i>	Hanamahtagouda et al., 2010
<i>Melotha ligustrata</i> , <i>Lippia cackermia</i> , <i>Melodorum</i>	Limoneno, 1, 8-cineol,	<i>Penicillium digitatum</i> , <i>Colletotrichum</i>	du Plooy, Ragnie y Combrinck, 2009;
<i>Phytocosa</i> L.	fenilbutanona, linalol, o-cadinol	spp., <i>Trichoderma reesei</i>	Popdewech y Chakravorty, 2010
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Mirceno	<i>Cyrtosporium seiformans</i> , <i>Epidermophyton floccosum</i> , <i>Trichoglyphis meneghinii</i> , <i>Moroglyphum casu</i>	Tarase et al., 2010
<i>Prunus mume</i>	Acido 3-O-cafeoilquinico, ácido 4-O-cafeoilquinico, ácido 3-O-cafeoilquinico	<i>Aspergillus niger</i>	Xia, Wu, Shi, Yang y Zhang, 2011
<i>Origanum vulgare</i> subsp. <i>viridic</i>	Timol, carvacrol, metil carvacrol, p-cimeno	<i>Debaryomyces hansenii</i> , <i>Rhodotorula rubra</i>	Camillo, Seravichaino-Faino, Wiescholdy Osoyá, 2012
<i>Marrubium recutita</i> , <i>Foeniculum vulgare</i> L.	Trans-anetol, estragal, fenchona, limoneno	<i>Aspergillus flavus</i>	Koby, Sahan, Seim y Khadi, 2013
<i>Antiparus eresia</i> M.BIBB	α-pineno, α-cedrol, β-3-careno	<i>Trichoglyphis rubrum</i>	Khoury et al., 2014
<i>Plectranthus korhatus</i> , <i>P. neocilius</i> , <i>P. ornatus</i> , <i>Melotha rusculeus</i> spp. <i>incultus</i>	α-pineno, 1-Octen-3-ol, β-pineno, β-cariofileno, 1, 8-cineol, pulgona, pipertona	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Mora et al., 2014; Peretto et al., 2014

**Tabla 1** Compuestos extraídos de plantas con actividad anti fúngica abordados en esta revisión

**Referencias**

Abubacker, M.N. & Ramanathan, R. (2012). Antibacterial activities of *Argemone mexicana* L. (*Papaveraceae*) leaf extract on pathogenic bacterial strains. *Drug Invention Today*, 4(6), 385-387.

Ahmadi, F., Sadeghi, S., Modarresi, M., Abiri, R., & Mikaeli, A. (2010). Chemical composition, *in vitro* antimicrobial, antifungal and antioxidant activities of the essential oil and methanolic extract of *Hymenocrater longiflorus* Benth., of Iran. *Food and Chemical Toxicology* 48, 1137-1144.

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(1), 1-7.

Al-Zoreky, N. S. (2009). Antimicrobial activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit peels. *International Journal of Food Microbiology*, 134, 244-248.

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), 621-638.

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), 127-133.

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, 655-659.

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, 66-72.

- 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.
- 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, 132-139.
- 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, 114-125.
- 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, 552-558.
- Chua, L. S. (2013). A review on plant-based rutin extraction methods and its pharmacological activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 150, 805-817.
- Cui, H., Gabriel, A. a., & Nakano, H. (2010). Antimicrobial efficacies of plant extracts and sodium nitrite against *Clostridium botulinum*. *Food Control*, 21, 1030-1036.
- David, E., Elumalai, E. K., Sivakumar, C., Therasa, S. V., & Thirumalai, T. (2010). Evaluation of antifungal activity and phytochemical screening of *Solanum surattense* seeds. *Journal of Pharmacy Research*, 3(4), 684-687.
- 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, 308-311.
- 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, 179-182.
- 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, 117-122.
- 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.
- 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.
- 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*, 1, 1-11.

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, 896-902.

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), 2248-2253.

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.

Khoury, M., El Beyrouthy, M., Ouaini, N., Iriti, M., Eparvier, V., & Stien, D. (2014). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Juniperus excelsa* M.Bieb. growing wild in Lebanon. *Chemistry & Biodiversity*, 11, 825-830.

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, 8564-8571.

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, 724-731.

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, 836-839.

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, 986-995.

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, 575-577.

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, 276-283.

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), 59-65.

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, 170-176.

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, 470-479.

- 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, 8788-8795.
- 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, 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, 556-561.
- 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, 1272-1278.
- 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, 526-529.
- Mayachiew, P., & Devahastin, S. (2008). Antimicrobial and antioxidant activities of Indian gooseberry and galangal extracts. *LWT—Food Science and Technology*, 41, 1153-1159.
- 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, 125-132.
- Midelet-Bourdin, G., Copin, S., Leleu, G. & Malle, P. (2010). Determination of *Listeria monocytogenes* growth potential on new fresh salmon preparations. *Food Control*, 21, 1415-1418.
- 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), 1-7.
- Mota, L., Figueiredo, A.C., Pedro, L.G., Barroso, J.G., Miguel, M.G., Faleiro, M.L., & Ascensão, L. (2014). Volatile-oils composition, and bioactivity of the essential oils of *Plectranthus barbatus*, *P. neochilus*, and *P. ornatus* grown in Portugal. *Chemistry & Biodiversity*, 11, 719-732.
- Nguefack, J., Dongmo, J. B. L., Dakole, C. D., Leth, V., Vismar, 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, 151-156.
- Nogueira, J. H. C., Gonçalves, E., Galletti, 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, 55-60.
- Okoh, O. O., Sadimenko, a. P., & Afolayan, a. J. (2010). Comparative evaluation of the antibacterial activities of the essential oils of *Rosmarinus officinalis* L. obtained by hydrodistillation and solvent free microwave extraction methods. *Food Chemistry*, 120, 308-312.

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*, 46, 2326-2331.

Palaniappan, K., & Holley, R. A. (2010). Use of natural antimicrobials to increase antibiotic susceptibility of drug resistant bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 140, 164-168.

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), 369-377.

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, 114-119.

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*, 48, 2754-2758.

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, 670-675.

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, 135-139.

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, 228-233.

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.

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.

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, 681-687.

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, 378-384.

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, 39-43.

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, 1411-1415.

- 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, 246-254.
- Singh, G., Kapoor, I. P. S., Singh, P., de Heluani, C. S., de Lampasona, M. P., & Catalan, C. N. (2008). Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of *Zingiber officinale*. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 3295-3302.
- 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*, 48, 1734-1740.
- Soylu, E. M., Kurt, S., & Soyly, 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, 183-189.
- Tajkarimi, M. M., Ibrahim, S. a., & Cliver, D. O. (2010). Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*, 21, 1199-1218.
- 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, 593-598.
- 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.
- 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.
- 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, 127-133.
- 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, 480-486.
- 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, 228-235.
- 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, 1707-1714.
- 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*, 48, 3274-3280.
- 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, 140-146.

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, 1408-1414.

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), 177-184.

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, 599-605.

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, 347-349.

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, 929-936.

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, 1458-1465.

Zhang, L.-G., Zhang, C., Ni, L.-J., Yang, Y.-J., & Wang, C.-M. (2011). Rectification extraction of Chinese herbs' volatile oils and comparison with conventional steam distillation. *Separation and Purification Technology*, 77, 261-268.