

POLIBOTÁNICA

Núm. 34, pp. 171-184, ISSN 1405-2768; México, 2012

**EFFECTO ANTIFÚNGICO DE CAPSAICINA Y EXTRACTOS DE CHILE PIQUÍN
(*CAPSIUM ANNUUM* L. VAR. *AVICULARE*) SOBRE EL CRECIMIENTO
IN VITRO DE *ASPERGILLUS FLAVUS***

**ANTIFUNGAL EFFECTS OF CAPSAICIN AND CHILE PIQUIN EXTRACTS
(*CAPSIUM ANNUUM* L. VAR. *AVICULARE*) IN VITRO ON *ASPERGILLUS
FLAVUS* GROWTH**

**S. Moreno-Limón¹, S.M. Salcedo-Martínez¹, M.L. Cárdenas-Ávila²,
J.L. Hernández-Piñero¹ y M.A. Núñez-González³**

¹Departamento de Botánica, ²Departamento de Biología Celular y Genética,

³Departamento de Química Analítica. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL.

Apartado Postal F16. San Nicolás de los Garza, N.L. México.

Correo electrónico: sergio.morenoilm@uanl.edu.mx

RESUMEN

El chile piquín, como componente del matorral submontano del noreste de México, es una planta anual que también crece y se desarrolla de manera continua en zonas tropicales. Además de los usos culinarios se ha reportado su actividad en problemas cardiovasculares, enfermedades crónicas degenerativas, estimulante, digestiva y colerético, así como su capacidad de reducir los riesgos de contraer cáncer y como bactericida. Ante esta diversidad de aplicaciones y en busca de alternativas que contribuyan a mejorar la calidad de la producción agrícola, se plantea la evaluación de la actividad biológica de extractos etanólicos de frutos de chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare*) y de capsaicina, sobre el crecimiento de *Aspergillus flavus*, mediante dos técnicas: 1) técnica del pozo en agar-papa-dextrosa (PDA) con la adición 20 µL de cada uno de los tratamientos en concentraciones de 200, 400, 600, 800 y 1000 ppm., 2) la técnica de dilución en agar

(PDA) que consiste en realizar una mezcla homogénea entre las soluciones de los tratamientos y el agar (PDA) antes de su solidificación. La actividad de los tratamientos se reflejó por la formación de un halo de inhibición y por el crecimiento radial del hongo, en cada técnica respectivamente. Los resultados obtenidos mostraron que tanto la capsaicina como los extractos de chile piquín inhibieron significativamente el crecimiento radial de *A. flavus*, siendo estos resultados estadísticamente comparables a los que se obtienen al aplicar el fungicida comercial captán.

Palabras clave: hongos fitopatógenos, poscosecha, capsaicina, chile piquín.

ABSTRACT

The piquin chile as a component of submontane shrubland in northeastern Mexico, is an annual plant that also grows and develops across the tropics. In addition to its culinary uses the fruit has been reported as having

compounds with stimulant, choleric and digestive activity, helpful in the treatment of cardiovascular and chronic degenerative diseases and able to reduce the risk of cancer or act as a bactericide. Given this diversity of effects and seeking alternatives to help improve the quality of agricultural production, the biological activity of ethanol extracts of piquin chile fruits (*Capsicum annuum* var. *aviculare* L.) and of capsaicin on *Aspergillus flavus* growth was evaluated, using two techniques: 1) In the well in plate diffusion technique, 20 µL of capsaicin or extract at a concentration of 200, 400, 600, 800 and 1000 ppm were poured into wells made in potato dextrose agar (PDA) plates previously inoculated with *A. flavus* spores. 2) For the dilution technique, 2 mL of capsaicin or fruit extract in the concentrations mentioned were added to PDA making a homogeneous mixture before solidification. The activity of the treatments was reflected by the formation of an inhibition halo and the radial growth of fungus in each technique, respectively. The results showed that both capsaicin and piquin chile extracts significantly inhibited radial growths of *A. flavus*, these results are statistically equal to those obtained by applying the commercial fungicide captan.

Keywords: fungal pathogens, postharvest, capsaicin, piquin chile.

INTRODUCCIÓN

Las pérdidas económicas debidas a enfermedades de postcosecha en granos, frutas y hortalizas son provocadas principalmente por hongos y bacterias que causan la degradación de los tejidos y su consiguiente pudrición. Los hongos responsables de estas pérdidas son diversos pero indudablemente

las especies del género *Aspergillus* juegan un papel muy importante, ya que se desarrollan fácilmente en la mayoría de los productos agrícolas después de cosechados. El control de plagas y enfermedades dependen principalmente de la utilización de agroquímicos sintéticos, lo que ha incrementado la población de organismos fitopatógenos resistentes provocando un aumento significativo de los costos de producción y problemas graves de contaminación ambiental. A través del tiempo, los métodos de combate de microorganismos patógenos o deterioradores de alimentos, han tenido innovaciones significativas, las cuales han sido motivadas principalmente por la emergencia de nuevos patógenos, la creciente demanda de alimentos y la necesidad de evitar la contaminación del medio ambiente. Tomando en cuenta estos tres factores, uno de los controles que ha adquirido mayor importancia en los últimos años, es aquel que basa su acción en el uso de sustancias de origen natural, esto es, extractos obtenidos de plantas con actividad como fungicidas, herbicidas bactericidas e insecticidas (Rovalo, 1983). El uso de plantas superiores para tratar infecciones tanto bacterianas como fúngicas es una práctica muy antigua y en un tiempo fue el único método disponible para tratar enfermedades (Recio y Ríos, 1989). Se estima que únicamente alrededor del 2% de las plantas superiores han sido evaluadas por sus propiedades pesticidas y, de hecho, la gran mayoría de ellas lo han sido por sus propiedades insecticidas, por lo que prácticamente no existen fungicidas comerciales con este origen (Gamboa-Alvarado *et al.*, 2003; López-Benítez *et al.*, 2004).

En México existe un gran número de especies vegetales ampliamente distribuidas,

que han sido evaluadas para determinar su actividad biológica sobre hongos fitopatógenos, como es el caso de, entre muchas otras, *Fluorensia cernua* D.J. (hojasén), de la que se han reportado efectos de inhibición sobre *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, con extractos metanólicos (Gamboa-Alvarado *et al.*, 2003), sobre *Colletotrichum* spp con extractos hexánicos, y contra termitas con extractos hexánicos, de éter dietílico y etanólicos (Tellez *et al.*, 2001), así como el caso de *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides* y *Penicillium digitatum*, cuyos tratamientos efectivos fueron fracciones de hexano y metanol:cloroformo a 4000 mg/L, para *A. alternata* y a partir de 500 mg/L de la fracción de etanol para *C. gloeosporioides* y *P. digitatum* (Guerrero Rodríguez *et al.*, 2007). También se ha demostrado suficientemente, que los extractos de *Larrea tridentata* (gobernadora) tienen acción antifúngica bajo condiciones *in vitro*, e *in vivo* al incorporar extractos y/o polvos al suelo. La actividad fungicida de la resina de este arbusto fue reportada contra *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Phythium* spp y otros fitopatógenos por Brinker (1993), de igual manera Araujo (1997) observó que el extracto de gobernadora en diclorometano inhibía el 92% del crecimiento de *Aspergillus flavus*. Por otra parte, Tequida-Meneses *et al.* (2002), reportaron que extractos alcohólicos inhibieron el crecimiento de *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Penicillium chrysogenum*, *P. expansum*, *Fusarium poae* y *F. moniliforme*. De este mismo arbusto Lira-Saldivar *et al.* (2003), observaron su efecto mediante diferentes bioensayos sobre *Phythium* sp, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum coccodes* y *F. oxysporum* f. sp *licopersici*. De acuerdo con Vargas-Arispuro *et al.* (2006), extractos

en concentración de 4000 ppm inhibieron en diferente grado el crecimiento de *Colletotrichum gloeosporides*, *Alternaria alternata* y *Rhizopus* sp, mientras que Jasso *et al.* (2007), reportaron que el ácido nordihidroguayarático (NDGA) en 300 y 500 ppm inhibió eficazmente el crecimiento radial de *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*. Moreno-Limón *et al.* (2011), encontraron que los extractos etanólicos y metanólicos en concentración de 3 mg/mL lograron inhibir hasta el 100% el crecimiento de *Aspergillus flavus* y *Penicillium* sp.

En lo que respecta a los extractos de hojas de *Citrus limon* y *Persea americana* inhibieron completamente el desarrollo de *C. gloeosporioides in vitro* (Bautista-Baños *et al.*, 2003), el clavo, la semilla de anís estrella y 27 especies más inhibieron completamente el crecimiento de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus ochraceus* y *Aspergillus versicolor* (Hitokoto *et al.*, 1980), extractos de *Tagetes minuta*, *Lippia javanica*, *Amaranthus spinosus* y *Vigna unguiculata* muestran actividad inhibidora contra *Fusarium verticillioides*, *F. proliferatum*, *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus* (Thembo *et al.*, 2010). Los ensayos *in vitro* realizados por Salih y Nehal (2010), demostraron la actividad antipatógenos de los jugos de la hoja de 11 especies de plantas contra *Fusarium solani*, *Phytophthora* spp. y *Rhizoctonia solani*. Los extractos acuosos de *Pulicaria vulgaris*, *Lavandula dentata*, *Conyzoides ageratum*, *Ficus retusa*, *Mummularia zizyphus*, *Tortilis acacia*, *Phragmanthera* sp. aff. *rufescens* (cuando se asocia con *Tortilis acacia*), *Lawsonia alba* y *Olea europaea* exhiben propiedades antifúngicas contra *Fusarium solani*, *Phytophthora* spp. y *Rhizoctonia solani* con grados variables. Por otro lado, *Chenopodium ambrosioides*,

Lavandula pubescens y *Phragmanthera* aff. *rufescens* (cuando se asocia con *Zizyphus nummularia*) no mostraron actividad antagonista. Montes *et al.* (2000), al evaluar 206 especies vegetales contra 26 especies de hongos fitopatógenos, encontraron que entre 32 y 51% de las plantas interactuaban con los hongos y causaban desde estimulación biológica hasta inhibición total.

El chile piquín (*Capsicum annuum* L var. *aviculare* Dierb.) D.&E es una planta que crece en forma silvestre en las regiones semiáridas del estado de Nuevo León, Laborde y Pozo (1982), mencionan que también se localiza en toda la zona costera de país, desde Sonora hasta Chiapas, por el Pacífico y desde Tamaulipas hasta la península de Yucatán, incluyendo Quintana Roo por el Golfo de México, donde es aprovechado por los habitantes de estos lugares y para los cuales reviste una gran importancia socioeconómica, el fruto es usado principalmente como alimento, en la elaboración de algunos platillos regionales (Almanza, 1993). Otros atributos de los chiles incluyen algunas propiedades medicinales, cosmetologías, antisépticas y como repelentes de algunas plagas agrícolas, por lo que existe en la actualidad un interés por probar algunos componentes de los chiles como sinergistas de los insecticidas órgano fosforados. Los poderes curativos del chile dependen de diferentes compuestos encontrados en las venas, las hojas y los tallos de las plantas. Dewitt *et al.* (2000), mencionan entre algunos de los componentes: la capsicina, la capsidina, el capsidol, los capsianósidos y la capsicodendrina, compuestos que además de muchas otras propiedades han demostrado ser antibacteriales e incluso fungicidas.

En relación a los trabajos realizados para evidenciar el efecto antifúngico y bactericida del chile, Masood *et al.* (1994), establecieron que la actividad mostrada por *C. annuum* se debió a la capsantina y a la capsaicina. También demostraron que la primera inhibía completamente el crecimiento y la producción de aflatoxinas de *A. parasiticus* en concentraciones que iban de 0.2 a 1.0 mg/mL. Sin embargo, este efecto se redujo a los 10 días de crecimiento. Cuando se estudió a la capsaicina también se encontró efecto inhibitorio sólo que fue menor que el observado por el otro compuesto. Así mismo, Wilson *et al.* (1997), desarrollaron una técnica para evaluar rápidamente la actividad antifúngica de extractos de plantas contra *Botrytis cinerea*, reportando que dentro de las especies vegetales con una alta persistencia de actividad antifúngica se encuentran diversas variedades de *Capsicum annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens*, los cuales inhibieron hasta en un 99% la germinación de esporas. Por otra parte Acero-Ortega *et al.* (2003) evaluaron extractos de los chiles (*Capsicum annuum*) habanero, serrano y pimiento por el efecto de sus compuestos antimicrobianos naturales en el crecimiento de la bacteria fitopatógena *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*. Los extractos de las tres variedades de chile y algunos de sus constituyentes como los ácidos metacumárico y transcinámicos inhibieron el crecimiento del microorganismo. La capsaicina y la dihidrocapsaicina no afectaron el crecimiento de la bacteria.

Los extractos vegetales evaluados hasta el momento aún no cubren la amplia diversidad vegetal que existe en el mundo, aunque se ha demostrado el potencial antimicro-

biano de polvos y extractos vegetales. Por lo que es importante continuar desarrollando investigaciones y contribuir a dilucidar su efecto biológico y las posibilidades de su empleo. Aprovechando el conocimiento etnofarmacológico existente sobre la gran variedad de plantas, el presente estudio se planteó para evaluar la actividad fungicida de capsaicina y extractos de chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare*) para inhibir el crecimiento de *Aspergillus flavus*, y de esta manera contribuir a evitar el deterioro de la calidad de productos poscosecha creando así una alternativa para contrarrestar el uso de fungicidas químicos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Obtención y aislamiento de hongos

Veinte semillas de maíz comercial y sin desinfectar, se distribuyeron en cuatro placas Petri conteniendo agar-papa-dextrosa (PDA) y se incubaron a 28°C durante 96 horas en una cámara de incubación. Una vez obtenidas las colonias fungosas fueron sembradas para su aislamiento y posterior purificación e identificación taxonómica (López, 1978).

Preparación de solución estándar y extractos de chile

Para la preparación de la solución estándar de capsaicina se tomaron 100 mg de capsaicina grado reactivo (C₁₈H₂₇NO₃) Sigma-Aldrich y se disolvieron en 50 mL de alcohol etílico absoluto (OH Et.), obteniendo así una solución de 2000 ppm, la cual fue colocada en frascos ámbar y refrigerada hasta su posterior uso. A partir de este *stock* se realizaron diluciones para

obtener concentraciones de 1000, 800, 600, 400 y 200 ppm.

Los extractos de chile fueron obtenidos a partir de 16.88 g de frutos secos de chile piquín, los cuales se maceraron y disolvieron en 100 mL de alcohol etílico absoluto, se dejaron en reposo durante 24 horas, y posteriormente utilizando un sonizador se aplicaron cuatro pulsos de 15 minutos cada uno en intervalos de cinco minutos, se reposaron durante 10 minutos y se filtraron. A partir de esta solución se realizaron diluciones para obtener las mismas concentraciones a las cuales se prepararon los estándares (1000, 800, 600, 400 y 200 ppm). Es pertinente aclarar que las muestras de chile provenían de un stock previamente cuantificado para contenido de capsaicina por HPLC a una concentración de 6300 ppm.

Preparación del inóculo

Las colonias fungosas que se desarrollaron y cuya morfología se relacionó con *Aspergillus*, fueron cultivadas sobre placas con agar (PDA) e incubadas por siete días a 25±2°C. Una vez crecidas fueron identificadas y seleccionadas las correspondientes a *A. flavus*. Se realizaron resiembras y a cada una de las cajas Petri donde crecieron las colonias se les agregaron 10 mL de solución salina estéril al 0.85% con 0.1% de Tween 80 (Polisorbato 80, Sigma, EU), se agitaron durante tres minutos y con la ayuda de una asa bacteriológica estéril, se frotó la superficie de la colonia fungosa, de manera suave y firme. La suspensión así obtenida se vació directamente a un tubo de ensayo estéril y se utilizó para la realización de las diferentes pruebas homogeneizando antes de su uso.

Evaluación de la actividad antifúngica

La evaluación se realizó mediante dos técnicas: *a*) técnica del pozo en agar, la cual consistió en inocular por difusión 2 mL de la suspensión de esporas previamente preparada. Posteriormente se realizaron perforaciones de 5 mm de diámetro (Ríos *et al.*, 1988) distribuidas uniformemente en cada una de las placas, y en las cuales se colocaron respectivamente cada uno de los tratamientos (estándares de capsaicina y extractos de chile piquín en concentraciones de 1000, 800, 600, 400 y 200 ppm, equivalentes a 2, 1.6, 1.2, 0.8 y 0.4 mg respectivamente) así como los controles que consistieron en el fungicida comercial Captan en dosis de 600 ppm y alcohol etílico, cuidando de no rebasar la orilla del pocillo. El ensayo se realizó por triplicado, bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial de A x B, donde el factor A está constituido por los extractos de chile piquín, capsaicina y controles, y el factor B por las concentraciones, las placas se incubaron a $25\pm 2^\circ\text{C}$ por siete días, tomando como resultado positivo la aparición de un halo de inhibición de crecimiento, alrededor de las perforaciones. *b*) Técnica de dilución en agar, esta técnica consistió en preparar una mezcla homogénea entre el PDA y cada uno de los tratamientos que consistieron en estándares de capsaicina y extractos de chile piquín en concentraciones de 1000, 800, 600, 400 y 200 ppm, equivalentes a 2, 1.6, 1.2, 0.8 y 0.4 mg respectivamente, así como los controles que consistieron en el fungicida comercial Captan en dosis de 600 ppm, OH Et., y PDA. Una vez esterilizado el PDA se dejó enfriar a 50°C , adicionando 20 mL de medio en cajas Petri y 2 mL de cada tratamiento a ensayar, se difundieron uniformemente y se colocaron en refrigera-

ción para su solidificación y posterior uso. Una vez solidificado el medio se inoculó por punción, tomando la muestra directamente de una caja de cultivo. El ensayo se realizó por triplicado, bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial de A x B, donde el factor A está constituido por los extractos de chile piquín, capsaicina y controles, y el factor B por las concentraciones, las placas se incubaron a $25\pm 2^\circ\text{C}$ por siete días. El efecto se midió con base en el diámetro de crecimiento radial. Con el propósito de encontrar la concentración mínima inhibitoria (CMI), esta técnica se repitió en concentraciones de 25, 50, 100 y 150 ppm (0.05, 0.1, 0.2 y 0.3 mg respectivamente) tanto de capsaicina como de extractos de chile piquín, bajo las mismas condiciones.

Los resultados obtenidos de cada uno de los experimentos se analizaron estadísticamente mediante arreglos factoriales con un diseño completamente al azar, realizándose análisis de varianza y comparación múltiple de medias (Tukey), mediante el paquete de diseños experimentales (Olivares Sáenz, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en los resultados del análisis de varianza a partir de las observaciones en la técnica del pozo en agar se pudo determinar que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los extractos de chile piquín y la capsaicina, así como entre las diferentes concentraciones evaluadas tanto de chile piquín como de capsaicina. La comparación múltiple de medias para evaluar el efecto entre los diferentes tratamientos sobre el crecimiento de *A. flavus*, mostró diferencia estadística significativa, siendo este

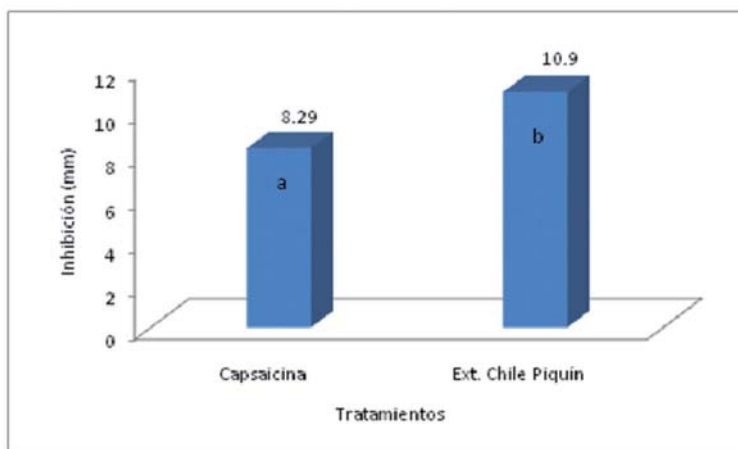
efecto mayor con los extractos de chile, al registrarse halos de inhibición de hasta 10.9 mm, mientras que con la capsaicina los halos fueron de 8.28 mm (gráfica 1). En relación a la comparación entre las diferentes concentraciones y los controles, la diferencia estadística demuestra que los halos de inhibición más grandes se presentaron con el fungicida comercial Captan, sin embargo estos diámetros de inhibición son estadísticamente iguales a los que se presentaron con la aplicación de extractos de chile en concentraciones de 0.4 y 0.8 mg. Con capsaicina la menor inhibición se mostró con las concentraciones de 1.2 y 2.0 mg con 3 y 4.67 mm de diámetro. Por otra parte los extractos de chile piquín en todas las concentraciones muestran una mayor inhibición que la capsaicina (gráfica 2).

Los resultados mostraron que la capsaicina en todas las concentraciones evaluadas presenta inhibición del crecimiento de *A. flavus*, lo cual difiere de lo reportado por Acero-Ortega *et al.* (2003), quienes observaron que la capsaicina y la dihidrocapsaicina no afectaron el crecimiento de *Erwinia carotovora* pero sí lo hicieron los extractos de las tres variedades de chile y algunos de sus constituyentes como los ácidos metacumárico y transcinámicos. Por otra parte los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Masood *et al.* (1994) quienes establecieron que la actividad mostrada por *C. annuum* se debió a la capsantina y a la capsaicina. También demostraron que la primera inhibía completamente el crecimiento y la producción de aflatoxinas de *A. parasiticus* a concentraciones que iban de 0.2 a 1.0 mg/mL. Cuando se estudió a la capsaicina también se encontró efecto inhibitorio sólo que fue menor que el observado por el otro compuesto. Sin

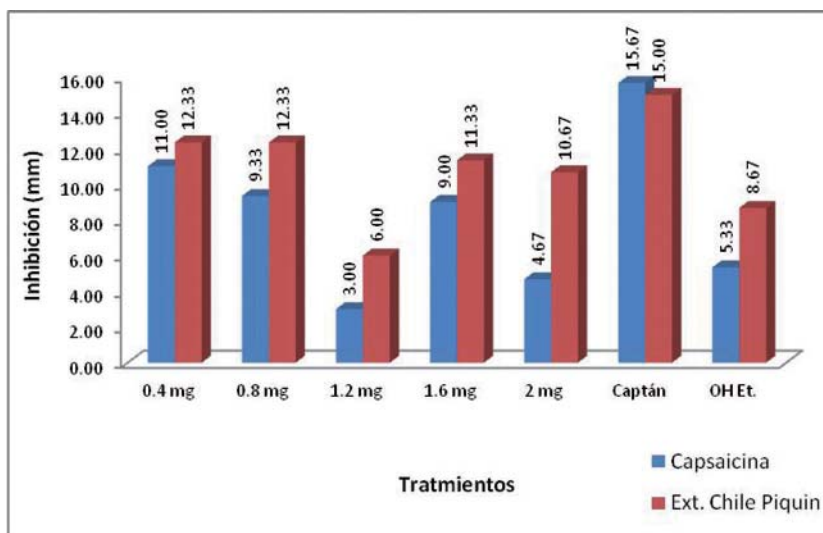
embargo, este efecto se redujo a los 10 días de crecimiento. Este comportamiento de la reversión del efecto también fue observado en el presente trabajo, sin embargo ésta se presentó a los 21 días. De cierta manera lo anterior se relaciona con lo reportado por Wilson *et al.* (1997), quienes observaron una alta persistencia de actividad antifúngica en algunas variedades de tres especies de chile (*Capsicum annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens*).

Estos resultados sugieren que el efecto no puede ser atribuido únicamente a la capsaicina, sino que puede deberse a una mezcla de los diferentes componentes del chile. En este sentido debemos de considerar que las plantas producen metabolitos secundarios como mecanismo de defensa, los cuales pueden ser constitutivos o sintetizados de nuevo, siendo estos últimos compuestos de bajo peso molecular, sintetizados como respuesta al ataque de un patógeno o a una situación estresante, tal es el caso de las llamadas fitoalexinas que se producen como consecuencia de la infección. Dentro de las fitoalexinas se encuentran lactonas sesquiterpénicas, cumarinas, indoles, flavanonas, diterpenos, isoflavonoides, alcaloides, fenoles, entre otros (Grayer y Harborne, 1994). De acuerdo con Dewitt *et al.* (2000), el ingrediente activo que les confiere las propiedades antibacteriales e incluso fungicidas son la capsaicina (alcaloide), la capsicidina, el capsidol, los capsianósidos y la capsicodendrina. Por lo que es recomendable evaluar de manera individual y mezclados cada uno de estos componentes.

Al respecto Isman (2000) menciona que en general, las propiedades de los metabolitos no se conocen en forma amplia y algunos



Gráfica 1. Promedio del halo de inhibición del crecimiento de *A. flavus* con capsaicina y extractos de chile piquín.



Gráfica 2. Promedio del halo de inhibición del crecimiento de *A. flavus* con diferentes concentraciones de capsaicina y extractos de chile piquín.

pueden actuar de manera individual contra una o pocas especies de hongos y otros como la alicina del ajo pueden tener un amplio espectro de acción, no sólo contra especies de hongos fitopatógenos, zoopatógenos y de humanos sino también contra bacterias, nemátodos e insectos. Así mismo Espinosa-García (2001) establece que los metabolitos secundarios generalmente están presentes como mezclas de compuestos y los patógenos pueden ser afectados diferencialmente por los compuestos individuales o por las mezclas en determinadas concentraciones y proporciones. Aunque existen pocas evidencias experimentales, en general se acepta que una alta diversidad química en una especie proporciona una mayor defensa contra los patógenos.

Por otra parte, en relación a los resultados obtenidos con la técnica de dilución de extractos en agar se observó que al aplicarse los extractos directamente en el medio se presentó una inhibición del 100 % en todas las concentraciones evaluadas (Fig. 1a), sin embargo el crecimiento se reactiva después de 21 días, lo que permite identificar una acción fungistática más que fungicida. Esto también fue demostrado por Masood *et al.* (1994), sin embargo ellos observaron una reactivación del crecimiento después de 10 días. Por otra parte se observó que en concentraciones menores a las 200 ppm, el crecimiento no se inhibe al 100% lo que puede ser observado en la Fig. 1b.

Diferentes investigaciones han evidenciado que los extractos vegetales que contienen aceites esenciales muestran una mayor actividad fungicida (Bravo *et al.*, 1998; Carpinella *et al.*, 2003; Wilkinson *et al.*, 2003); sin embargo, existen también investigaciones de otros metabolitos secundarios como

los alcaloides, los cuales se acumulan en cerca del 20% de las especies de plantas (De Lucca y Laflamme, 2001), y poseen gran importancia como defensa química contra patógenos como hongos, bacterias, nemátodos y virus (Wink, 1994; De la Cuadra *et al.*, 1994). En este sentido en las solanáceas, los alcaloides son frecuentes y algunos están relacionados con la defensa contra los hongos, por lo que este género constituye un recurso potencial para la obtención de productos con actividad fungicida.

CONCLUSIONES

La inhibición del crecimiento de *A. flavus* con capsaicina y extractos de chile, es estadísticamente igual a la inhibición presentada con el fungicida comercial Captan. Sin embargo, los extractos de chile piquín muestran una mayor inhibición que la capsaicina. La técnica de dilución del extracto en agar permite una mayor difusión de los componentes en el medio. Los resultados de este estudio sugieren que podría ser posible utilizar extractos de chile como inhibidores naturales para el control de *Aspergillus flavus* en productos agrícolas, sin embargo es necesaria su evaluación *in vivo*. Se recomienda seguir esta línea de investigación, mediante la evaluación individual y en mezcla de los diferentes metabolitos secundarios que se presentan en esta especie, así como utilizar diferentes solventes, ya que es de suma importancia encontrar nuevas fuentes de control de hongos que atacan a los granos, las cuales sean inofensivas tanto para el hombre como para el ambiente.

LITERATURA CITADA

Acero-Ortega, C., Dorantes-Álvarez, L., Jaramillo-Flores, M.E., Hernández-Sán-

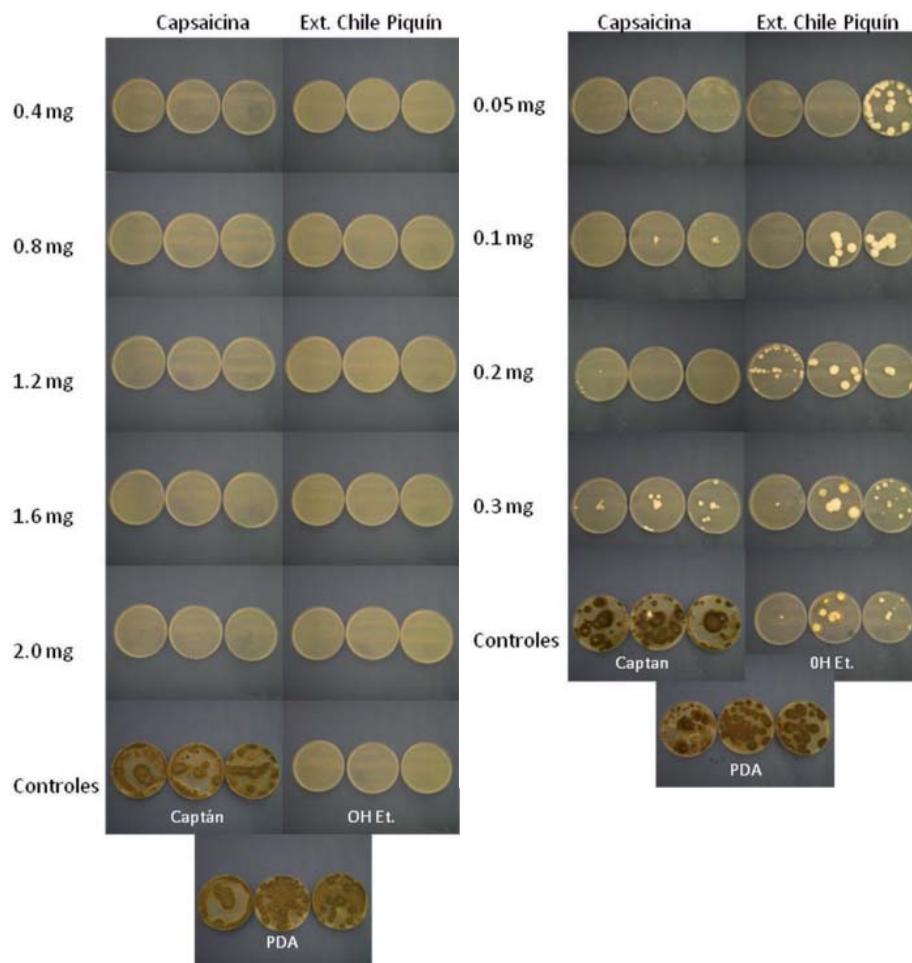


Fig. 1. Acción fungicida de capsaicina y extractos de chile piquín sobre *A. flavus*, después de 21 días de incubación a $25\pm 2^\circ\text{C}$ con tratamientos de capsaicina y extractos de chile piquín en concentraciones de: a) 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 y 2 mg y b) 0.3, 0.2, 0.1 y 0.05 mg.

- chez, H., López-Malo, A., 2003. "Effect of Chili (*Capsicum annuum* L.) extracts and derived compounds on growth of *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* (Jones) Bergey, Harrison, Breed, Hammer and Huntoon". *Rev. Mexicana de Fitopatología*, **21**(002): 233-237.
- Almanza, E.J.G., 1993. "El chile piquín (*Capsicum annuum* L. var. *aviculare* Dierb.): Estudio etnobotánico, biología y productividad". Tesis licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Araujo, B.S.R., 1997. "Evaluación de la actividad fungicida y aflatoxigénica de extractos de plantas del estado de Sonora para el control de *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*". Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Sonora. México.
- Bautista-Baños, S., Hernández-López, M., Bosquez-Molina, E., Wilson, C.L., 2003. "Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit". *Crop Protection*, **22**: 1087-1092.
- Bravo, L.L., Bermúdez, T.K., Montes, B.R., 1998. "Inhibición del crecimiento micelial y esporulación de *Fusarium moniliforme* Sheld. Mediante aceites esenciales vegetales y algunos de sus componentes químicos". *Revista Mexicana de Fitopatología*, **16**: 18-23.
- Brinker, F., 1993. "*Larrea tridentata* (D.C) (Chaparral or cresote bush)". *British Journal of Phytoterapy*, **3**: 10-30.
- Carpinella, C.M., Giordia, M.L., Ferrayoll, G.C., Palacios, M.S., 2003. "Antifungal effects of different organic extracts from *Melia azederach* L. on phytopathogenic fungi and their isolated active components". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**: 2506-2511.
- De la Cuadra, C., Tello, J.C., Muzquiz, M., Calvo, R., 1994. "Poder fungicida in vitro de esparteina y gramina, alcaloides del Lupino amargo". *Studia Botánica*, **13**: 99-101.
- De Lucca, V., Laflamme, P., 2001. "The expanding universe of alkaloid biosynthesis". *Plant Biology*, **4**: 225-233.
- Dewitt, D., Stock M.T., Hunter K., 2000. *Los Poderes Curativos de los Chiles, Remedios y Recetas para mejorar vida y salud*. Editorial Diana. México.
- Espinosa-García, F.J., 2001. La diversidad de los metabolitos secundarios y la teoría de la defensa vegetal. En: Anaya A.L., Espinosa-García F.J., Cruz-Ortega R. (Coordinadores). *Relaciones químicas entre organismos. Aspectos básicos y perspectivas*. Instituto de Ecología. Plaza y Valdes S.A de C.V. México DF 733 pp.
- Gamboa-Alvarado, R., Hernández-Castillo, F.D., Guerrero-Rodríguez, E., Sánchez-Arizpe, A., Lira-Saldívar, R.H. 2003. "Inhibición del Crecimiento Micelial de *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Phytophthora infestans* Mont. (De Bary) con Extractos Vegetales Metanólicos de Hojasén (*Flourensia cernua* DC.), Mejorana (*Origanum majorana* L.) y Trompetilla [*Bouvardia ternifolia*

- (Ca.) Schlecht.]". *Revista Mexicana de Fitopatología*, **21**(1): 13-18.
- Grayer R.J., Harborne J.B., 1994. "A survey of antifungal compounds from higher plants, 1982-1993". *Phytochemistry*, **37**:19-42.
- Guerrero-Rodríguez, E., Solís-Gaona, S., Hernández-Castillo, F., Flores Olivas, A., Sandoval López, V., 2007. "Actividad Biológica *in vitro* de Extractos de *Flourensia cernua* en patógenos de postcosecha: *Alternaria Alternata* (FR.; Fr) Keissl., *Colletotrichum gloeosporioides*". *Revista Mexicana de Fitopatología*, **25**(001): 48-56.
- Hitokoto, H.S., Morozumi, T., Wauke, S.S., Kurata, H., 1980. "Inhibitory effects of spices on the growth and toxin production of toxigenic fungi". *Appl. Environ. Microbiol.*, **39**: 818-822.
- Isman, M.B., 2000. "Plant essential oils for pest and disease management". *Crop Protection*, **19**: 603-608.
- Jasso de Rodríguez, D., Rodríguez-García, R., Hernández-Castillo, F.D., Villarreal Quintanilla, J.A., Galván-Cendejas, A., 2007. "Antifungal effects *in vitro* of semiarid plant extracts against post-harvest fungi". AAIC Annual Meeting: *Bringing Industrial Crops into the Future*. October 7-10. Portland, Maine.
- Laborde, C.J.A., Pozo, O.C. (Comp.) 1982. "Presente y pasado del chile en México". Publicación especial Núm. 85. INIA. México. 80 p.
- Lira-Saldívar, R.H., Sanchez, M.R., Gamboa, R., Jasso, D., Rodríguez, R., 2003. "Fungitoxic effect of *Larrea tridentata* resin extracts from the Chihuahua and Sonora deserts on *Alternaria solani*". *Agrochimica*, **47**: 50-60.
- López, A.G.F., 1978. *Técnicas de uso común en el manejo de hongos fitopatógenos*. [Technics of common use in phytopathogen fungus management]. Chapingo (México), Bib. p. 131-134. Biblioteca Central, ENA, Chapingo.
- López-Benítez, A., López-Betancourt, S., Manuel-Cruz, R., Mendoza-Elos, M., Padrón-Corral, E., 2004. "Efecto de extractos vegetales en el crecimiento de *Rhizoctonia solani* Kühn en medio de cultivo y en plantas susceptibles de frijol". *Memorias del XXXI Congreso Nacional/VI Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología*. Veracruz. Veracruz. México. Resumen L-4.
- Masood, A., Dogra, J.V.V., Jha, A.K., 1994. "The influence of colouring and pungent anents of red chilli (*Capsicum annuum*) on growth and aflatoxin production by *Aspergillus flavus*". *Letters in applied microbiology*, **18**: 184-186.
- Montes, R., Cruz, V.C., Martínez, G.M., Sandoval, G.G., García, R.L., Zilch, S.D., Bravo, L.L., Bermudez, K.T., Flores, H.E.M., Carvajal, M.M., 2000. "Propiedades antifúngicas en plantas superiores. Análisis retrospectivo de investigaciones". *Rev. Mex. Fitopatol.*, **18**: 125-131.

- Moreno-Limón, S., González-Solís, L.N., Salcedo-Martínez, S.M., Cárdenas-Ávila, M.L., Perales-Ramírez, A., 2011. "Efecto antifúngico de extractos de gobernadora (*Larrea tridentata* L.) sobre la inhibición *in vitro* de *Aspergillus flavus* y *Penicillium* sp". *Polibotánica*, **32**: 193-205.
- Olivares Sáenz, E., 1994. *Paquete de Diseños Experimentales FAUANL Versión 205*. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N.L. México.
- Recio, M.M., Ríos, J.L., 1989. "A review of some antimicrobial compounds isolated from medicinal plants reported in literature 1978-1988". *Phytother.*, 117-125.
- Ríos, J., Recio, M., Villar, A., 1988. "Screening methods for natural products with antimicrobial activity". *Journal of Ethnopharmacology*, **23**(2-3): 127-149.
- Rovalo, M., 1983. *La barreta o barreto Helietta parvifolia*. Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz.
- Salih, B., Nehal, ElMougy, 2010. "Assessment of the bioregulatory activity of the leaf juices of higher plants in Al-Taif, Saudi Arabia against *Fusarium solani*, *Phytophthora* spp. and *Rhizoctonia solani*". *Archives of Phytopathology And Plant Protection*, **43**(11): 1064-1071.
- Tellez, M., Estell, R., Fredrickson, E., Powell, J., Wedge, D., Schrader, K., Kobaisy, M., 2001. "Extracts of *Flourensia cernua* (L.): volatile constituents and antifungal, antialgal, and antitermite bioactives". *Journal of Chemical Ecology*, **27**: 2263-2285.
- Tequida-Meneses, M., Cortez-Rocha, M., Rosas-Burgos, E.C., López-Sandoval, S., Corrales-Maldonado, C., 2002. "Efecto de extractos alcohólicos de plantas silvestres sobre la inhibición de crecimiento de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium expansum*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium poae*". *Rev Iberoam Micol.*, **19**: 84-88.
- Thembo, K.M., Vismer, H.F., Nyazema, N.Z., Gelderblom, W.C.A., Katerere, D.R., 2010. "Antifungal activity of four weedy plant extracts against selected mycotoxigenic fungi". *Journal of Applied Microbiology*, **109**(4): 1479-1486.
- Vargas-Arispuro, I., Contreras-Valenzuela, A., Hernández-Martínez, J., Martínez-Téllez, A., 2006. "Arielsenofosfatos con acción antifúngica selectiva contra *Phytophthora omnivora*". *Revista de fitotecnia Mexicana*. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapíngo, México. **28**(002): 171-174. ISSN 0187-7380.
- Wilkinson, M.J., Hipwell, M., Ryan, T., Cavanagh, A.H.M., 2003. "Bioactivity of *Backhousia citriodora*: antibacterial and antifungal activity". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**: 76-81.
- Wilson, C.L., Solar, J.M., El Ghaouth, A. y Wisniewski, M.E. 1997. "Rapid Evaluation of Plant Extracts and

Essential Oils for Antifungal Activity Against *Botrytis cinerea*". *Plant Disease*, **81**: 2.

(eds.). *Advances in Lupin Research. Proceeding. VII Inter Lupin Conference*. Evora, Portugal. 369 pp^o.

Wink, M., 1994. "Biological activities and potential applications of lupin alkaloids". pp. 161-178. In: J.M. Nevea-Martin, and M.L. Beirao da Costa

Recibido: 15 agosto 2011. Aceptado: 17 mayo 2012.