

FUNGICIDAS DE ORIGEN VEGETAL Y SU APLICACIÓN EN POSCOSECHA DE SEMILLAS

Introducción

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), a nivel mundial se pierde el 5% de las cosechas de semillas, pérdida que se incrementa al orden del 15 al 40% en África y Latinoamérica. El uso de compuestos químicos para el control de enfermedades, en especial las de origen fungoso, actualmente es de gran importancia económica, reportándose a nivel internacional en las décadas de los ochentas y noventas la utilización anual de aproximadamente 24,500 toneladas de ditiocarbamatos y de 224,000 de compuestos cúpricos (Acquaah, 2002).

En México, el control químico de estos fitopatógenos es aplicado frecuentemente en cultivos de alto valor económico, habiendo tendencia en algunas zonas del país, especialmente en las de mayor desarrollo agrícola, al uso indiscriminado de ellos, hecho que influye sobre el desarrollo de resistencia genética de los hongos a estos. Además del deterioro ambiental con efectos nocivos sobre diferentes organismos, es también importante el peligro de residualidad tóxica en productos alimenticios, cuyos efectos sobre humanos son conocidos aun cuando se maneje sólo la cantidad del ingrediente activo dentro del nivel de tolerancia permitido, pudiéndose presentar un efecto nocivo por acumulación o uso prolongado (Velázquez-Del Valle *et al.*, 2007).

Por lo tanto ante la perspectiva anterior es importante reflexionar sobre las ventajas de buscar y utilizar productos de origen natural, como son los extractos de plantas superiores, que ejercen su acción a dosis bajas, por lo que se han convertido en una alternativa orgánica muy importante ya que son estables en su acción, de baja o nula residualidad y a la vez biodegradables (Barrera-Necha, *et al.*, 2008). Al mismo tiempo se propone que se puedan obtener bajo condiciones de tecnología simple y su aplicación a nivel de campo sea accesible para los agricultores, sobre todo por aquellos de escasos recursos económicos (Suquilanda, 1996).

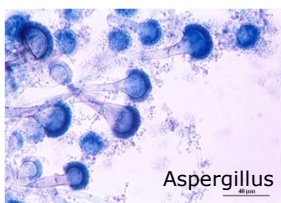
Aspectos históricos del estudio del potencial fungicida de los metabolitos secundarios

Por lo que respecta al uso potencial de extractos y aceites esenciales vegetales como fungicidas de fitopatógenos, se han hecho innumerables estudios para evaluar su efectividad desde el año de 1959 cuando Maruzzella y Balter probaron 119 aceites esenciales sobre 12 fitopatógenos entre ellos especies de *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Botrytis* y *Claviceps*, un 80% de ellos inhibieron a *Claviceps purpurea* y el 58% a *Alternaria tenuis* quien mostró ser más resistente. En 1963 Barnes reportó la propiedad fungicida de aceites esenciales sobre el hongo causante de la roña del nogal causada por *Fusicladium effusum*, cuyos resultados *in vitro* competían positivamente con los obtenidos por fungicidas comerciales. Fukui *et al.*, 1972 (González-Solís, 2004) publican haber evaluado dos compuestos tóxicos obtenidos de frutos inmaduros de *Lupinus luteus* (Leguminosae) sobre un grupo de 14 microorganismos, demostrando que presentan un elevado poder fungicida.

Los estudios realizados sugieren que la actividad antifúngica de los metabolitos vegetales secundarios es un fenómeno frecuente. De la información recabada por Grainge y Ahmed en 1988 se desprende

que existían hasta esa fecha alrededor de 400 plantas reportadas con propiedades para inhibir el desarrollo de 142 especies de hongos fitopatógenos, clasificadas taxonómicamente dentro de 50 familias destacando algunas de ellas como Asteraceae, Fabaceae y Brassicaceae. En México, Montes *et al.* (2000) evaluaron 206 especies vegetales contra 26 especies de hongos fitopatógenos, reportando que entre 32 y 51% de las plantas evaluadas interactuaban con los hongos causando inhibición total de su actividad.

Naturaleza de los metabolitos secundarios con potencial fungicida y factores que influyen en su producción



Los metabolitos pueden ser obtenidos de los diferentes órganos y tejidos vegetales por diversos métodos y según sea el utilizado, el producto obtenido se caracteriza como: aceite esencial, extractos crudos, acuosos y clorofórmicos; dentro de todos estos se han encontrado metabolitos que presentan acción

fungicida, dividiéndose en dos grupos: aquellos que presentan un amplio rango de acción, y los de acción específica, predominando estos últimos (Montes-Belmont, 1996). Se ha determinado también que la variabilidad cualitativa y cuantitativa de los metabolitos, cambia en los diferentes órganos donde son producidos: raíz, tallo, hojas, flores y fruto e inclusive pueden estar ausentes en uno o varios de ellos.

El número y tipo de componentes, así como sus proporciones, pueden experimentar importantes cambios dentro de una misma especie botánica, sea por razones ecológicas (luz, temperatura, altitud), agronómicas (época de corte, fertilización) o puramente genéticas (quimiotipos o variedades químicas) (García Vallejo, 1988).

Arras y Grella en 1992 realizan una investigación sobre los cambios cualitativos y cuantitativos del aceite esencial de *Thymus capitatus* creciendo silvestremente en la región de Sardinia, cambios que fueron estudiados mensualmente por un período de dos años (1987-1988), los resultados mostraron que la máxima producción del aceite ocurrió en el mes de agosto ya sea que se usaran para su obtención hojas, flores o residuos de infrutescencias; el aceite provocó un efecto fungistático sobre *Penicillium italicum* y fungicida a 400 ppm sobre *Alternaria alternata*.

Investigaciones sobre el potencial fungicida de aceites esenciales para el control de hongos de poscosecha

La efectividad de los aceites esenciales vegetales ha sido comparada con la de fungicidas comerciales tal fue el caso del aceite esencial obtenido de rizomas de *Curcuma longa* a diferentes concentraciones sobre *Aspergillus flavus*, utilizando al fungicida comercial Benlate como testigo, observando que se presentó una total inhibición del crecimiento del hongo a concentraciones de aceite de 0.025, 0.05 y 0.1% en comparación con las mismas del fungicida comercial (Ishrat-Niaz, 1994).

Mishra y Dubey (1990a) probaron el aceite esencial obtenido de hojas frescas de nueve especies de plantas colectadas en Varanasi, India a 5000 ppm contra el hongo de almacén *Aspergillus flavus*. El

porcentaje de inhibición mostrado fue de 100% por *Amomum subulatum*, 85% por *Aegle marmelos*, *Ageratum houstonianum*, *Alpinia galanga* y *Lippia alba*, 70% por *Curcuma longa*, 66.6% por *Artemisia vulgaris*, 60% por *Elettaria cardamomum* y 54% por *Salvia plebeia*. Posteriores investigaciones realizadas con el aceite de *A. subulatum* mostraron que la concentración inhibitoria mínima fue de 3000 ppm; las pruebas de germinación efectuadas a las semillas de arroz tratadas con estos aceites mostraron que no se presentaba un efecto negativo sobre las mismas.

Gangrade *et al.* (1991), determinaron la actividad *in vitro* contra *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Fusarium oxysporum* y *Penicillium sp.* de los aceites esenciales obtenidos a partir del follaje de *Cymbopogon martinii* var. *motia*, de semillas de *Pimpinella anisum* y raíces de *Vetiveria zizanioides*. Los aceites puros de las tres especies inhibieron el crecimiento de los patógenos de un 70 a 80%, comparado con los testigos. Garg *et al.* (1991), probaron la actividad antifungal del aceite esencial de *Capillipedium foetidum* obtenido de inflorescencias frescas y probado sobre *Aspergillus niger*, *A. fumigatus*, *A. flavus*, *A. candidus* y *A. ochraceus*, la griseofulvina fué usada como testigo al determinar la actividad antifungal del aceite quién mostró excelente actividad a una dilución baja de 1:200.

Singh *et al.* (1992), investigaron aceites esenciales extraídos de seis plantas con propiedades alelopáticas de las cuales *Callistemon citrinus*, *Eucalyptus tereticornis*, *Ageratum conyzoides*, y *Ocimum kelandeschierium* inhibieron el crecimiento de *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. fumigatus*, *A. terreus*, *A. parasiticus*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum truncatum* y *Helminthosporium turicum*.

Investigaciones sobre la actividad fungicida de extractos vegetales acuosos

Extractos acuosos fueron investigados por Figueroa *et al.* (1995), quienes indican que se probaron los extractos obtenidos de 58 especies de plantas sobre la germinación de esporas, desarrollo del micelio y protección de granos de maíz contra *Aspergillus flavus*. Los extractos que inhibieron la germinación de esporas fueron *Chenopodium album* (80%), *Ficus tecualensis* (75%), *Raphanus raphanistrum* (80%) y *Larrea divaricata* (80%); se concluye que los extractos actúan eficientemente sobre los procesos fisiológicos del hongo. Montes en 1995, indica que se probaron los extractos de 52 especies de plantas para determinar su efecto sobre la germinación de esporas, desarrollo micelial y protección de granos de maíz atacados por el hongo *Aspergillus flavus*. El follaje de las plantas se seco y pulverizo; con los polvos se elaboraron extractos acuosos al 2%. Los resultados mostraron que se redujo la contaminación de granos de maíz con *Psidium guajava* en un 23%, *Rosmarinus officinalis* en un 61%, *Coleus blumei* en un 40.5%, *Lantana camara* en un 20% y *Coffea arabica* en un 43%, se concluyó de esta investigación que la protección del grano se debió a la cobertura del extracto.

Montes en 1999, en base a la poca eficacia mostrada por el fungicida Captán en la protección de semilla comercial de sorgo contaminada con *Fusarium moniliforme* probó el uso de extractos acuosos, alcohólicos y polvos obtenidos de epazote, orégano, clavo, ca-

nela, tomillo, así como el bicarbonato de sodio (Bna), sobre semillas contaminadas con el hongo para determinar su acción fungicida, dejando como testigo al mismo Captán; observando que los mejores resultados fueron con el polvo en la combinación clavo+Bna.



Mecanismos de acción

Los mecanismos de acción de los compuestos son variables: Inhibición enzimática por oxidación de compuestos, Rompimiento de la membrana a través de los compuestos lipofílicos, Intercalado con el DNA de la célula del hongo, Formación de canales iónicos en la membrana fungosa, Inhibición competitiva por adhesión de pro-

teínas microbianas a los polisacáridos receptores del hospedero (Hernández-Lazurdo *et al.*, 2007).

Acción fungicida de *Larrea tridentata* (Izq.) y *Helietta parvifolia* (Abajo), plantas nativas del noreste de México, sobre hongos de poscosecha

Las zonas del noreste de México han sido ampliamente estudiadas desde el punto de vista botánico y fitoquímico, en particular dos especies; la gobernadora *Larrea tridentata* (D.C.) Coville, dominante en zonas áridas, y la barreta *Helietta parvifolia* Gray (Benth), dominante en matorral submontano. Al investigarse la acción de los compuestos presentes en la resina de *Larrea tridentata* se observó que presentan una potente acción fungicida *in vitro* contra hongos que afectan semillas almacenadas. Por lo que respecta al aceite esencial de *Helietta parvifolia* se comprobó que es un fungicida eficaz, inhibiendo totalmente el crecimiento de ciertas especies de hongos que afectan semillas almacenadas sensibles a su acción, así como causando malformaciones anatómicas y fisiológicas a otras que revelaron ser más resistentes; mostrando efectos óptimos al ser aplicado por volatilidad y por contacto. Se ha demostrado claramente que éste es un fungicida efectivo para el control de hongos de almacén aún bajo condiciones de humedad relativa saturada, resultando tener mejor comportamiento que el fungicida comercial Captán, contra el que fue comparado; por lo cual es factible su empleo en la protección de semillas almacenadas a humedad relativa ambiente hasta por 40 semanas, así como, el empleo de los extractos y el follaje deshidratado a humedad relativa saturada hasta por ocho semanas. Se recomienda su uso, en semillas destinadas para siembra, por no afectar su germinación.



*Laboratorio de Micología y Fitopatología.
Departamento de Microbiología e Inmunología,
Facultad de Ciencias Biológicas,