

PROSPECTIVA DE EXTRACTOS VEGETALES PARA CONTROLAR ENFERMEDADES POSTCOSECHA HORTOFRUTÍCOLAS

PROSPECTIVE OF PLANT EXTRACTS FOR CONTROLLING POSTHARVEST DISEASES OF HORTICULTURAL PRODUCTS

Ana Niurka Hernández Lauzardo*, Silvia Bautista Baños
y Miguel Gerardo Velázquez del Valle

Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional. Km 8.5 Carr. Yautepec-Jojutla, Col. San Isidro. 62731, Yautepec, Mor. Tel. y Fax: 01 (735) 394-1896.

* Autor para correspondencia (aniurka10@hotmail.com)

SUMMARY

Plants produce compounds with antimicrobial properties that can be used for diseases control of several diseases of horticultural products. The evaluation and identification of their active compounds will allow their application against different plant pathogens. *In vitro* studies have shown that plant extracts can inhibit pathogen growth, as well as sporulation and germination. When evaluated *in vivo* on fruits and vegetables, plant extracts have also reduced rots, but their effect varies with the preparation method (solvent, dry or fresh, storage time, etc.), plant species, organ (roots, leaves, seeds, etc.), harvest date, etc. However, the antifungal activity of plant extracts may be enhanced by adding some other natural compound. Up to now, there are only a few basic studies focused on the effect of plant extracts on the molecular, biochemical and morphological changes of the host and pathogen.

Index words: Natural compounds, plant pathogens, postharvest rots.

RESUMEN

Las plantas producen compuestos con propiedades antimicrobianas que pueden ser empleadas para controlar diferentes enfermedades en productos hortofrutícolas. La obtención de los extractos vegetales y el estudio de sus compuestos activos propician su empleo contra diferentes fitopatógenos. En condiciones *in vitro* los extractos inhiben el crecimiento del patógeno, así como la esporulación y germinación de esporas, de modo que ayudan a controlar las enfermedades de frutos y hortalizas. *In vivo*, el efecto fungicida de los extractos vegetales varía en función de la metodología de preparación (solvente, seco, fresco, tiempo de almacenamiento, etc.), especie botánica, órgano de la planta (raíces, hojas, semillas, etc.), fecha de cosecha, etc. Sin embargo, la combinación de los extractos vegetales con algún otro compuesto natural puede potenciar su actividad fungicida. A la fecha son escasos los estudios básicos que incluyen el efecto de extractos vegetales en aspectos moleculares, bioquímicos y morfológicos del hospedero y del patógeno.

Palabras clave: Compuestos naturales, fitopatógenos, pudriciones postcosecha.

INTRODUCCIÓN

Las plantas han sido capaces de protegerse de las plagas por sí mismas antes de que el hombre jugara un rol activo en protegerlas (Wilson *et al.*, 1999). Se conoce que sintetizan una gran variedad de metabolitos secundarios relacionados con los mecanismos de defensa. El proceso para obtener metabolitos secundarios de los extractos vegetales es variable; se pueden obtener extractos acuosos (Bautista *et al.*, 2002a) o polvos (Bautista *et al.*, 2003a), o utilizar otros disolventes para obtener diferentes compuestos, según su polaridad (Abou-Jawdah *et al.*, 2002).

Diversos productos derivados de las plantas han mostrado un efecto antimicrobiano. Entre estos compuestos destacan los flavonoides, fenoles, terpenos, aceites esenciales, alcaloides, lectinas y polipéptidos (Cowan, 1999). Sus mecanismos de acción son variables; por ejemplo, la toxicidad de los fenoles en microorganismos se atribuye a inhibición enzimática por oxidación de compuestos. El modo de acción de los terpenos y aceites esenciales no ha sido dilucidado por completo, pero se postula que pueden causar rompimiento de la membrana a través de los compuestos lipofílicos. De los alcaloides se ha postulado que se intercalan con el DNA, y de las lectinas y polipéptidos se conoce que pueden formar canales iónicos en la membrana microbiana o causar la inhibición competitiva por adhesión de proteínas microbianas a los polisacáridos receptores del hospedero (Cowan, 1999). Montes *et al.* (2000) evaluaron 206 especies vegetales contra 26 especies

de hongos fitopatógenos, y encontraron que entre 32 y 51 % de las plantas evaluadas interactuaban con los hongos y causaban desde estimulación biológica hasta inhibición total.

Si se considera que la mayoría de los compuestos obtenidos de las plantas son biodegradables e inocuos, y que en México se encuentran aproximadamente 10 % de las especies de plantas superiores del mundo y más de 40 % de ellas son habitantes exclusivas del país (CONABIO, 1998), resulta conveniente explorar el potencial de empleo de sus extractos vegetales para controlar las enfermedades postcosecha.

ESTUDIOS *in vitro* CON EXTRACTOS VEGETALES

De 18 extractos vegetales evaluados sobre el desarrollo de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc. sólo los de ajo (*Allium sativum* L.), acuyo (*Piper auritum* HBK.), guayaba (*Psidium guajava* L.) y eucalipto blanco (*Eucalyptus globulus* Labill.) redujeron significativamente el crecimiento micelial en 54.3, 48.8, 47.7 y 39 %, respectivamente (Baños *et al.*, 2004).

La actividad fungistática difiere entre los extractos acuosos y los polvos. También se ha evidenciado un efecto fungistático selectivo que depende de la especie de planta y del patógeno. El guamúchil [(*Pithecellobium dulce* Roxb. Benth. (Fabaceae)] fue la especie botánica más sobresaliente en detener el desarrollo de los hongos *Alternaria* spp., *Fusarium* spp., *Pestalotia* spp. y *Rhizopus* spp. Otras especies con buena actividad antifúngica fueron chicozapote (*Achras sapota* L.), chirimoya, zapote blanco (*Casimiroa edulis* Llav. et Lex), limón (*Citrus limon* L.), tejocote (*Crataegus mexicana* Moc. et Sess), papaya (*Carica papaya* L.), guayaba, aguacate (*Persea americana* Mill.) y ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) (Bautista *et al.*, 2000a).

La aplicación *in vitro* de polvos y extractos de guamúchil causó inhibición del crecimiento micelial de *Botrytis cinerea* Pers.Fr., inhibición que varió de 50 a 78 % en función del órgano de la planta y de la época de cosecha en la que se obtuvieron las hojas para elaborar los extractos (Bautista *et al.*, 2003a). Análisis preliminares mediante resonancia magnética nuclear indicaron la presencia de un triacil glicerol en la fracción más activa de extractos de guamúchil (Barrera *et al.*, 2002). Esta especie vegetal se considera promisoría para controlar enfermedades postcosecha causadas por diversos hongos fitopatógenos de productos hortofrutícolas. De forma similar, al evaluar estos extractos sobre *Fusarium oxysporum* Schlecht., *Penicillium digitatum* Lind. y *R. stolonifer* Ehrenb. (Ex Fr.) Lind, se

encontró que los extractos acuosos por sí solos tuvieron un ligero efecto sobre la inhibición micelial, y que los extractos de semilla de papaya sólo mostraron efecto sobre la esporulación; sin embargo, al combinarse con quitosano el efecto mejoró (Bautista *et al.*, 2004a).

Los extractos crudos de *Allium* y *Capsicum* afectaron totalmente la germinación de esporas de *B. cinerea*. Asimismo, los extractos de nogal negro (*Juglans nigra* L.), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua* L.), *Matricaria* spp., durazno (*Prunus persica* L.), peral (*Pyrus communis* L.) y tejo inglés (*Taxus canadensis* Marsh.) inhibieron la germinación entre 90 y 99 % (Wilson *et al.*, 1997). Otros estudios con extractos de sábila (*Aloe vera* L.) también resultaron positivos al inhibir la germinación de esporas de *B. cinerea* en 95 % y el crecimiento micelial en 68 % (Saks y Barkai, 1995). Los extractos de ajedrea (*Santureja hortensis* L.) tuvieron un efecto fungicida en todas las dosis evaluadas, sobre *Alternaria mali* Roberts y *B. cinerea* (Boyratz y Ozcan, 2006).

La germinación de conidios de *Penicillium expansum* Link. se inhibió totalmente con derivados semipuros o crudos de chile (*Capsicum frutescens* L.), en todas las concentraciones evaluadas (Bautista *et al.*, 2004b). Los extractos de hojas de 19 especies vegetales inhibieron más la esporulación y la germinación de esporas de *R. stolonifer* que al desarrollo micelial (Bautista *et al.*, 2000b).

El contenido de alcaloides presentes en semillas de tres especies de *Lupinus* spp. no resultó directamente proporcional al efecto fungicida sobre el crecimiento micelial de *Sclerotium rolfsii* Sacc, *Alternaria solani* Sorauer, *Rhizoctonia solani* Kuhn y *F. oxysporum*. El extracto de *Lupinus exaltus* Zucc (Fabaceae) mostró la mayor actividad fungicida (Bernal *et al.*, 2005).

ACEITES ESENCIALES

Aceites esenciales de orégano (*Origanum compactum* Benth) y tomillo (*Thymus glandulosus* Lag. ex H. del Villar) (100 µg mL⁻¹) inhibieron completamente el crecimiento de *B. cinerea*. Mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas se evidenció que los principales componentes activos de esos aceites fueron carvacrol y timol, respectivamente. Otra planta de interés fue la menta (*Mentha pulegium* L.), que causó inhibición moderada en el crecimiento del fitopatógeno (Bouchra *et al.*, 2003).

Extractos de hinokitiol provenientes del cedro blanco (*Hiba arborvitae*) inhibieron la germinación de esporas de *B. cinerea* y *Monilinia fruticola* (Witt) Money, cuando fueron aplicados a concentraciones de 30.0 y 14.7 µg mL⁻¹, respectivamente. Este aceite volátil aplicado a 20 µg

mL⁻¹, destacó por causar muerte de esporas de *M. fruticola* e inhibir en 50 % su crecimiento micelial (Sholberg y Shimizu, 1991). El hinokitiol inhibió la germinación de esporas y el crecimiento micelial de los hongos *B. cinerea* y *A. alternata* (Fr.) Keissler, en concentraciones de 60 y 100 µL L⁻¹, respectivamente; el tiempo de exposición del hongo al compuesto resultó inversamente proporcional a las concentraciones usadas (Falik y Grinberg, 1992).

ESTUDIOS *in situ* CON EXTRACTOS VEGETALES

Frutas y hortalizas tropicales. Se ha observado que los extractos de las hojas de papaya (*Carica papaya* L.) son capaces de inhibir completamente las pudriciones en frutos de papaya, y que los extractos de las hojas y los tallos de zapote negro (*Dyospiros ebenaster* Retz.) tienen un efecto antifúngico adecuado en mango (*Mangifera indica* L.) (Bautista *et al.*, 2002a).

Estudios hechos en frutos de papaya almacenados a 25 °C, evidenciaron que los extractos de ajo y de eucalipto redujeron la severidad de la antracnosis en 45 y 41.7 %, respectivamente (Baños *et al.*, 2004). Se considera que las investigaciones realizadas para el control de la antracnosis mediante extractos vegetales, han sido escasas y con resultados poco alentadores. No obstante, cuando los extractos de hojas de anona roja (*Annona reticulata* L.) y de papaya y semillas de papaya, se combinaron con quitosano (2.5 %), se observó un control significativo en el desarrollo de la antracnosis en papaya (Bautista *et al.*, 2003b).

Al evaluar las propiedades antifúngicas de 19 extractos acuosos de hojas y tallos de diferentes plantas, para reducir la pudrición causada por *R. stolonifer* en ciruelas almacenadas, Bautista *et al.* (2000b) descubrieron que los resultados dependieron de la variedad de ciruela; en las amarillas la pudrición se redujo con extractos de hojas de chirimoya, timbiriche (*Bromelia hemisphaerica* L.) y papaya, mientras que en ciruela roja el extracto de zapote blanco redujo más la pudrición. En general, los extractos de hoja fueron más efectivos que los de tallo.

Se demostró una reducción significativa de la infección causada por *C. gloeosporoides* en frutos almacenados de curuba (*Passiflora mollissima* Barley) cuando se aplicaron extractos de semillas de toronja (Cáceres *et al.*, 1998). En cacao (*Theobroma cacao* L.) se reportó una significativa reducción de las pudriciones mediante aplicaciones de extractos acuosos de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón, Tropacolaceae) (Krauss y Soberanis, 2000).

Frutas y hortalizas de clima templado. En la búsqueda de nuevas alternativas para controlar la pudrición blan-

da que causa *R. stolonifer* en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), se estudió el efecto antifúngico de extractos de semilla de guamúchil preparado con diferentes disolventes; tales extractos no controlaron al fitopatógeno sino que acentuaron la infección en los frutos maduros (Bautista *et al.*, 2002b).

Al comparar polvos y extractos de guamúchil, se descubrió que los polvos tuvieron mejor efecto antifúngico en el control de *B. cinerea* en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.); las propiedades antifúngicas dependieron del órgano de la planta y la época de la cosecha, pues el mejor efecto resultó de extractos de hojas cosechadas en los meses con mayor estrés ambiental. Los análisis espectrofotométricos y cromatográficos realizados permiten proponer al kaempferol como el compuesto responsable del efecto antifúngico (Bautista *et al.*, 2003a).

Derivados semipuros o crudos de chile fueron evaluados para controlar las pudriciones causadas por *P. expansum*, en manzana (*Malus domestica* Borkh). El menor porcentaje de infección se logró cuando la fruta se trató con el derivado crudo en concentraciones de 5 µg mL⁻¹. Sin embargo, no se recomienda el uso de este extracto porque desprende un fuerte olor desagradable (Bautista *et al.*, 2004b).

ACEITES ESENCIALES

El empleo de aceites esenciales ha resultado útil en el control de pudriciones postcosecha. Por ejemplo, los extractos de hinokitiol redujeron hasta en 41 % la pudrición café causada por *M. fruticola* en durazno (Sholberg y Shimizu, 1991). También se observó una marcada reducción en el desarrollo de la pudrición en berenjena (*Solanum melongena* L.) y pimientos rojo (*Capsicum annum* L.), cuando los frutos fueron sumergidos en una solución de hinokitiol de 750 µL L⁻¹ (Falik y Grinberg, 1992).

La aplicación de aceites esenciales provenientes de orégano, cilantro (*Coriandrum sativum* L.) y tomillo, entre otros, se ha estudiado para controlar en tomate a los hongos incidentes en postcosecha, *R. stolonifer*, *B. cinerea*, *Alternaria arborescens* Simmons y *Geotrichum candidum* Link. Los resultados han sido variables, en función del hongo y del tipo de extracto evaluado (Plotto *et al.*, 2003).

CONSIDERACIONES FINALES

Los principales extractos vegetales que sirven para controlar diversas enfermedades postcosecha, se enlistan en los Cuadros 1 y 2. Los extractos vegetales evaluados hasta

Cuadro 1. Principales extractos vegetales (hojas y/o tallos) con potencial para ser usados en el control de hongos postcosecha, según estudios hechos in vitro e in situ

Hongo fitopatógeno	Enfermedad	Extracto vegetal	Efectos obtenidos	Referencias
<i>B. cinerea</i>	—	Hojas de <i>P. dulce</i>	Inhibición del crecimiento micelial (50-78 %)	Bautista <i>et al.</i> , 2003a
<i>A. mali</i> , <i>B. cinerea</i>	—	Hojas de <i>S. hortensis</i>	Fungicida en todas las dosis evaluadas	Boyras y Ozcan, 2006
<i>B. cinerea</i> y <i>A. alternata</i>	Pudrición en berenjenas y pimiento rojo	Tallos de <i>H. arborvitae</i>	Inhibición en la germinación y el crecimiento micelial, reducción de la pudrición en frutos.	Falik y Grinberg, 1992
<i>C. gloeosporioides</i>	Antracnosis en papaya y mango	Hojas y tallos de <i>C. papaya</i> y <i>D. ebenaster</i>	Reducción de pudriciones en papaya y efecto antifúngico en mango	Bautista <i>et al.</i> , 2002a

Cuadro 2. Principales extractos vegetales (varios) con potencial para ser usados en el control de hongos postcosecha, según estudios hechos in vitro e in situ

Hongo fitopatógeno	Enfermedad	Extracto vegetal	Efectos obtenidos	Referencias
<i>B. cinerea</i>	Moho gris en fresa	Semillas y hojas de <i>P. dulce</i>	Propiedades antifúngicas asociadas con el órgano de la planta y época de cosecha	Bautista <i>et al.</i> , 2003c
<i>Alternaria spp.</i>	Pudrición de ciruelas	Corteza y hojas de diferentes especies	Resultados variables dependiendo del extracto y la variedad	Bautista y Montes, 1999
<i>B. cinerea</i>	—	Extractos crudos de <i>Allium spp.</i> , <i>Capsicum spp.</i> , <i>P. persica</i> , <i>J. nigra</i> , etc.	Inhibición en la germinación de las esporas entre el 90 y el 99 %	Wilson <i>et al.</i> , 1997
<i>S. rolfisii</i> , <i>A. solani</i> , <i>R. solani</i> y <i>F. oxysporum</i>	—	Extractos orgánicos de semillas de <i>Lupinus spp.</i>	Actividad fungicida	Bernal <i>et al.</i> , 2005

el momento aún no cubren la amplia diversidad vegetal que existe en el mundo, aunque se ha demostrado el potencial antimicrobiano de polvos y extractos vegetales. Por ello es importante continuar desarrollando investigaciones que descubran los compuestos activos responsables del efecto antifúngico, y posteriormente contribuir a dilucidar su efecto biológico y las posibilidades de su empleo. La riqueza vegetal que se dispone en México debe ser explotada, sobre todo por la naturaleza biodegradable y no tóxica de sus compuestos. Una opción interesante es la combinación de extractos vegetales con compuestos naturales como el quitosano, porque así alcanzan una mayor acción antifúngica sobre los patógenos de interés.

CONCLUSIONES

La inhibición de patógenos que atacan frutos en postcosecha mediante extractos de planta, indican su potencial para ser usados en tratamientos postcosecha. Sin embargo, es necesario investigar más para determinar su efecto en los productos hortofrutícolas. También es necesario aislar e identificar los compuestos activos que presentan las plantas, y considerar los cambios moleculares, morfológicos y bioquímicos que estos compuestos causan sobre el patógeno y el hospedero.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo brindado por la Biblioteca Nacional de Ciencia y Tecnología del Instituto Politécnico Nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- Abou-Jawdah Y, H Sobh, A Salameh (2002) Antimicrobial activities of selected plant flora, growing wild in Lebanon, against phytopathogenic fungi. *J. Agric. Food Chem.* 50:3208-3213.
- Baños P E, E Zavaleta M, M T Colinas, I Luna R, J A Gutiérrez A (2004) Control Biológico de *Colletotrichum gloeosporioides* [(Penz.) Penz. y Sacc.] en papaya Maradol Roja (*Carica papaya* L.) y fisiología postcosecha de frutos infectados. *Rev. Mex. Fitopatol.* 22:198-205.
- Barrera L, S Bautista B, M Jiménez E, R Reyes C (2002) Influence of leaf, fruit and seed powders and extracts of *Pithecelium dulce* (Roxb.) Benth. (Fabaceae) on the *in vitro* vegetative growth of seven postharvest fungi. *Rev. Mex. Fitopatol.* 20:66-71.
- Bautista S, A De Lucca, C L Wilson (2004 b) Evaluation of the antifungal activity of natural compounds to reduce postharvest blue mould (*Penicillium expansum* Link.) of apples (*Malus domestica* Borkh.) during storage. *Rev. Mex. Fitopatol.* 22:362-369.
- Bautista S, E García D, L Barrera N, R Reyes C, C L Wilson (2003a) Seasonal evaluation of the postharvest fungicidal activity of powders and extracts of huamuchil (*Pithecellobium dulce*): action against *Botrytis cinerea*, *Penicillium digitatum* and *Rhizopus stolonifer* of strawberry fruit. *Postharv. Biol. Technol.* 29:81-92.
- Bautista S, M Hernández L, E Bosquez M (2004a) Growth inhibition of selected fungi by chitosan and plant extracts. *Rev. Mex. Fitopatol.* 22:178-186.

- Bautista S, M Hernández L, E Bosquez M, C L Wilson (2003b) Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. Crop Prot. 22:1087-1092.
- Bautista S, L Barrera N, E García D, M Hernández L (2003c) Potential use of plant extracts to reduce postharvest fungal rots of fruits and vegetables. In: Food Technology and Quality Evaluation. R Dris, A Sharma (eds). Science Publishers, Inc., N H. pp:142-154.
- Bautista S, L Barrera N, L Bravo L, K Bermúdez T (2002a) Antifungal activity of leaf and stem extracts from various plant species on the incidence of *Colletotrichum gloeosporioides* of papaya and mango fruits after storage. Rev. Mex. Fitopatol. 20:8-12.
- Bautista S, L Barrera N, M Hernández L, L Bravo L, K Bermúdez T (2002b) Evaluación de extractos de guamúchil en el control de *Rhizopus stolonifer* en tomate cosechado en dos estados de madurez y su efecto en la calidad durante el almacenamiento. Rev. Iberoam. Tecnol. Postcosecha 4:161-168.
- Bautista S, M Hernández L, J C Díaz P, C F Cano O (2000b) Evaluation of the fungicidal properties of plant extracts to reduce *Rhizopus stolonifer* of ciruela fruit (*Spondias purpurea* L.) during storage. Postharv. Biol. Technol. 20:99-106.
- Bautista S, M Hernández L, L Barrera N (2000a) Antifungal screening of plants of the State of Morelos, México against four fungal postharvest pathogens of fruits and vegetables. Rev. Mex. Fitopatol. 18:36-41.
- Bautista S, R Montes B (1999) Actividad fungicida de extractos botánicos en la incidencia de *Alternaria* spp. en la ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) durante el almacenamiento. Prod. Nat. Persp. Biotecnol. 4:13-18.
- Bernal A, J F Zamora N, G Virgen C, R Nuño R (2005) Actividad biológica *in vitro* de extractos de *Lupinus* spp. sobre hongos fitopatógenos. Rev. Mex. Fitopatol. 23:140-146.
- Bouchra C, M Achouri, L M I Asan, M Hmamouchi (2003) Chemical composition and antifungal activity of essential oils of seven Moroccan Labiatae against *Botrytis cinerea* Pers: Fr. J. Ethnopharmacol. 89:165-169.
- Boyras N., M Ozcan (2006) Inhibition of phytopathogenic fungi by essential oil, hydrosol, ground material and extract of summer savory (*Satureja hortensis* L.) growing wild in Turkey. Intntl. J. Food Microbiol. 107:238:242.
- Cáceres M I, E Martínez, F Torres (1998) Efecto del tiabendazol y extractos de semilla de toronja en el control de enfermedades de curuba en pre y postcosecha en Nuevo Colón (Boyaca). Fitopatol. Colomb. 22:35-38.
- CONABIO (1998) La diversidad biológica de México. "Estudio de país". Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx>. (20 de abril de 2006).
- Cowan M M (1999) Plant products as antimicrobial agents. Clin. Microbiol. Rev.10: 564-582.
- Falik E, S Grinberg (1992) Hinokitiol: a natural substance that controls postharvest diseases in eggplant and pepper fruits. Postharv. Biol. Technol.2:137-144.
- Krauss U, R W Soberanis (2000) Control de pudriciones de postcosecha con extracto de mashua (*Tropaeolum tuberosum*). Man. Integr. Plagas 57:23-28.
- Montes R, V Cruz C, G Martínez M, G Sandoval G, R García L, S Zilch D, L Bravo L, K Bermúdez T, H E Flores M, M Carvajal M (2000) Propiedades antifúngicas en plantas superiores. Análisis retrospectivo de investigaciones. Rev. Mex. Fitopatol. 18:125-131.
- Plotto A, R Roberts, D Roberts (2003) Evaluation of plant essential oils as natural postharvest disease control of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). ISHS Acta Hort. 628:737-745.
- Saks Y, R Barkai G (1995) *Aloe vera* gel activity against plant pathogenic fungi. Postharv. Biol. Technol. 6:159-165.
- Sholberg P L, Shimizu B N (1991) Use of the natural plant products, Hinokitiol, to extend shelf-life of peaches. Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 24:273-277.
- Wilson C L, A El Ghaouth, M E Wisniewski (1999) Prospecting in nature's storehouse for biopesticides. Rev. Mex. Fitopatol. 17:49-53.
- Wilson C L, J M Solar, A El Ghaouth, M E Wisniewski (1997) Rapid evaluation of plant extracts and essential oils for antifungal activity against *Botrytis cinerea*. Plant Dis. 81:204-210.