



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO EN RECURSOS GENETICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA**

**TRATAMIENTOS POSTCOSECHA EN EL CONTROL DE LA
ANTRACNOSIS Y CALIDAD DE FRUTOS DE PAPAYA “MARADOL”**

MARÍA CONSEPSIÓN LÓPEZ NAVARRETE

**TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO DE MEXICO

2010

La presente tesis titulada "TRATAMIENTOS POSTCOSECHA EN EL CONTROL DE LA ANTRACNOSIS Y CALIDAD DE FRUTOS DE PAPAYA "MARADOL" realizada por la alumna María Consepsión López Navarrete, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

**RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA**

CONSEJO PARTICULAR:

CONSEJERO:



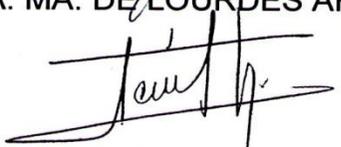
DR. CRESCENCIANO SAUCEDO VELOZ

ASESORA:



DRA. MA. DE LOURDES AREVALO GALARZA

ASESOR:



DR. DANIEL NIETO ANGEL

Montecillo, Texcoco, Edo. de México, febrero del 2010

TRATAMIENTOS POSTCOSECHA EN EL CONTROL DE LA ANTRACNOSIS Y CALIDAD DE FRUTOS DE PAPAYA “MARADOL”

María Consepsi3n L3pez Navarrete, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2010

Colletotricum gloeosporioides agente causal de la antracnosis, siendo el principal pat3geno postcosecha en papaya, causando p3rdidas en la calidad del fruto. El objetivo de este trabajo en la primera fase fue evaluar la efectividad de los fungicidas azoxystrobin, trifloxystrobin, pyraclostrobin, prochloraz, thiabendazol sobre la germinaci3n y el crecimiento micelial *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides*, as3 como la efectividad biol3gica de los fungicidas y la termoterapia (tratamiento hidrot3rmico (TH)) a 53 °C por 3 min, para el control de la antracnosis en frutos de papaya “Maradol” en poscosecha. Los resultados indican que pyraclostrobin *in vitro* no present3 germinaci3n durante el tiempo de observaci3n, seguidos de azoxystrobin con 29.3-32.7%, mientras que prochloraz, trifloxystrobin y thiabendazol presentaron 61.3-77.3 %, sin diferencia significativa con el tratamiento testigo. En frutos inoculados, la aplicaci3n de pyraclostrobin y thiabendazol (500, 250, 50 mg L⁻¹) y azoxystrobin (500, 250 mg L⁻¹) controlaron el crecimiento del hongo, mientras que trifloxystrobin (500, 250, 50 mg L⁻¹) y azoxystrobin (50 mg L⁻¹) fueron poco efectivos. En cuanto a la efectividad biol3gica, prochloraz a 500 y 250 mg L⁻¹ y pyraclostrobin a 500 mg L⁻¹, fueron los 3nicos tratamientos efectivos en el control de la enfermedad, con una menor incidencia y severidad, y una efectividad de 85.5, 92.7, 81.8 % respectivamente. El tratamiento hidrot3rmico tuvo un control de la enfermedad de 57.8 %.

En la segunda fase se probaron prochloraz y pyraclostrobin (500 mg L⁻¹) solos o en combinaci3n con TH y dos 3ndices de madurez (1/4 de desarrollo de color: IC1) y (3/4 de desarrollo de color IC2), los resultados mostraron un rango de efectividad en el control de la enfermedad del 89.5-100 %. El color de pulpa y epidermis as3 como la acidez titulable no fueron afectados por la aplicaci3n del tratamiento hidrot3rmico. Sin embargo, aunque los frutos con fungicidas + TH + IC1, tuvieron una vida de anaquel de 16 d3as, con un m3nimo de infecci3n, la maduraci3n de los frutos fue anormal.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: estrobilurinas, imidazol, bencimidazol, tratamiento hidrot3rmico, calidad.

SUMMARY

**TREATMENTS POSTHARVEST IN THE CONTROL OF ANTHRACNOSE AND
QUALITY OF PAPAYA “MARADOL” FRUITS**

María Consepsi3n L3pez Navarrete, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2010

Colletotricum gloeosporioides is the causal agent of anthracnosis, the main postharvest pathogen in papaya that causes the quality deterioration in the fruits. The aim of this work was in the first phase to evaluate the effectiveness of different fungicides: azoxystrobin, trifloxystrobin, pyraclostrobin, prochloraz and thiabendazole on germination and mycelial growth of *Colletotricum gloeosporioides in vitro*, as well as the biological effectiveness of these fungicides and thermotherapy (hydrothermal treatment (HT)) at 53 °C for 3 min. The results indicated that fungi treated with pyraclostrobin *in vitro* did not germinate during the observation time, followed by azoxystrobin with 29.3-32.7%, while prochloraz, trifloxystrobin and thiabendazole had between 61.3-77.3%, with no significant difference compared to the control. In inoculated fruit the application of pyraclostrobin and thiabendazole (500, 250, 50 mg L⁻¹) and azoxystrobin (500, 250 mg L⁻¹) controlled the growth of the fungi, while trifloxystrobin (500, 250, 50 mg L⁻¹) and azoxystrobin (50 mg L⁻¹) were ineffective. For the biological effectiveness, prochloraz at 500 and 250 mg L⁻¹ and pyraclostrobin at 500 mg L⁻¹, were the only effective treatments in controlling the disease, with the lower incidence and severity, and effectiveness of 85.5, 92.7, 81.8%, respectively. The hydrothermal treatment controlled the disease with 57.8 %.

In the second phase, prochloraz and pyraclostrobin (500 mg L⁻¹) were proved, alone or in combination with HT, and in two maturity stages in fruits (IC1 (color development 1/4) or IC2 (color development 3/4)). The effectiveness in the control of the disease was from 89.5- 100%. The pulp and the epidermis color, as well as the titratable acidity were not affected by the application of HT in the fruits at IC2. Even the fruits treated with fungicides + TH + IC1, had a shelf life of 16 days, with a minimum of infection, these fruits had abnormal behavior during ripening.

Additional Key Words: strobilurin, imidazole, benzimidazole, hydrothermal treatment, fruit quality.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS...

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo financiero brindado para realizar mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados por darme la oportunidad de continuar con mis estudios de Maestría

Al Consejo Particular integrado por el Dr. Crescenciano Saucedo Veloz, Dra. Lourdes Arevalo Galarza, Dr. Dr. Daniel Ángel Nieto, así mismo al M.C. David Jaen Contreras.

Al INIFAP_ Campo Experimental Rosario Izapa, Chiapas; por el tiempo para concluir esta etapa.

DEDICATORIA

Dedico ésta tesis a MI FAMILIA

A mis padres:

Hilaria Navarrete Aguilar

Caralampio López León

Papa, Mama, gracias su amor y apoyo incondicional.

A mis herman@s y cuñad@s y sobrin@s:

José Luis y Claudia: Pepe, Alis, Dani
Isabel y Norberto: Martín, Dieguito, Isabelita

Muy especialmente a **Flor y Gustavo**, porque en cualquier momento y situación, siempre han estado conmigo.

Y a la bebe con los ojos más hermosos: **Sofía Vanesa**

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
I INTRODUCCIÓN	1
II REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Papaya “Maradol”	5
2.2 Índice de cosecha	5
2.3 Situación nacional de papaya “Maradol”	6
2.4 Pérdidas postcosecha de frutos	6
2.5 Pérdidas de papaya en postcosecha por <i>C. gloeosporioides</i>	6
2.6 Síntomas de <i>C. gloeosporioides</i>	7
2.7 Infecciones latentes por <i>C. gloeosporioides</i>	8
2.8 Tratamientos químicos en el control de patógenos	10
2.8.1 Control químico de <i>C. gloeosporioides</i>	10
2.8.2 Uso de estrobilurinas	11
2.8.3 Azoxystrobin	12
2.8.4 Azoxystrobin en el control de patógenos	13
2.8.5 Trifloxystrobin	14
2.8.6 Trifloxystrobin en el control de patógenos	15
2.8.7 Pyraclostrobin	15
2.8.8 Pyraclostrobin en el control de patógenos	16
2.8.9 Prochloraz	16
2.8.10 Prochloraz en el control de patógenos	17
2.9 Tratamiento físico postcosecha	18
2.9.1 Tratamiento hidrotérmico en el control de patógenos .	18
2.9.2 Tratamiento hidrotérmico y su efecto sobre la calidad de frutos	23

III MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 Aislamiento, purificación e identificación de <i>C. gloeosporioides</i>	26
3.2 Patogenicidad de <i>C. gloeosporioides</i>	28
FASE I	28
3.3 Evaluación <i>in vitro</i> de fungicidas sobre la germinación y crecimiento micelial de <i>C. gloeosporioides</i>	29
3.3.1 Germinación de <i>C. gloeosporioides</i>	29
3.3.2 Control del crecimiento micelial de <i>C. gloeosporioides</i>	30
3.4 Efectividad de fungicidas y tratamiento hidrotérmico en el control de la antracnosis en papaya “Maradol”	30
FASE II	32
3.5 Efectividad de pyroclostrobin, prochloraz y tratamiento hidrotérmico en el control de antracnosis, en frutos con dos índices de cosecha	32
3.6 Efecto del tratamiento hidrotérmico sobre la calidad de frutos de papaya “Maradol”	33
3.6.1 Firmeza	33
3.6.2 Sólidos solubles totales	32
3.6.3 Acidez titulable.....	34
3.6.4 Color de epidermis y pulpa	34
3.7 Diseño experimental.....	35
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
FASE I	36
4.1 Evaluación <i>in vitro</i> de fungicidas sobre la germinación y crecimiento micelial de <i>C. gloeosporioides</i>	36
4.1.1 Germinación de <i>C. gloeosporioides</i>	36
4.1.2 Control del crecimiento micelial de <i>C. gloeosporioides</i>	38

4.2	Evaluación de fungicidas y tratamiento hidrotérmico en el control de la antracnosis en papaya “Maradol”	41
	FASE II	52
4.3	Efectividad de pyroclostrobin y prochloraz y tratamiento hidrotérmico en el control de antracnosis en frutos con dos índices de cosecha	52
4.4	Efecto del tratamiento hidrotérmico sobre la calidad de frutos de papaya “Maradol”	57
4.4.1	Firmeza	57
4.4.2	Sólidos solubles totales	58
4.4.3	Acidez titulable	60
4.4.4	Color de pulpa y epidermis	61
V	CONCLUSIONES	63
VI	LITERATURA CITADA	64

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Germinación de <i>C. gloeosporioides</i> en medio PDA, bajo condiciones de laboratorio	46
2	Severidad y efectividad <i>in vitro</i> en el control del crecimiento micelial de <i>C. gloeosporioides</i> durante 12 días de observación	46
3	Incidencia, severidad y efectividad en el control de la antracnosis de papaya “Maradol”, tratados con fungicidas y tratamiento hidrotérmico, 8 ddt	47
4	Incidencia, severidad y efectividad en el control de antracnosis en frutos de papaya “Maradol” con dos índices de cosecha y bajo tratamientos químicos y tratamiento hidrotérmico	54
5	Color de la epidermis y pulpa (°Hue y chroma) en frutos de papaya, 10 días después de almacenamiento en condiciones ambientales	62

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Germinación de <i>C. gloeosporioides</i> en PDA, bajo condiciones de laboratorio	48
2	Germinación de conidios de <i>C. gloeosporioides</i> en a) PDA + prochloraz a 250 mg L ⁻¹ , b) PDA + thiabendazol a 250 mg L ⁻¹ , bajo condiciones de laboratorio	48
3	Crecimiento micelial <i>in vitro</i> de <i>C. gloeosporioides</i> tratado con diferentes fungicidas a 500, 250 y 50 mg L ⁻¹	49
4	Inhibición del crecimiento micelial de <i>C. gloeosporioides</i> en PDA por a) prochloraz, b) thiabendazol, c) pyroclostrobin, d) azoxystrobin, e) trifloxystrobin f) testigo, durante 12 días	50
5	Papayas “Maradol” inoculadas con <i>C. gloeosporioides</i> y tratadas dosis de (500, 250 mg L ⁻¹) con los fungicidas a) prochloraz, b) pyroclostrobin, c) azoxystrobin, d) thiabendazol, e) trifloxystrobin, f) tratamiento hidrotérmico, g) testigo, 8 ddt .	51
6	Papayas “Maradol” inoculadas con <i>C. gloeosporioides</i> y tratadas con a)Pr+IC1, b)Py+IC1, c)Pr+IC2, d)Py+IC2, e)TH+Pr+IC1, f)TH+Py+IC1, g)TH+Pr+IC2, h)TH+Py+IC2, i)TH+IC1, j)TH+IC2, k)IC1, l)IC2. 8 ddt. n=4	55
7	Papayas “Maradol” inoculadas con <i>C. gloeosporioides</i> y tratadas con a)Pr+IC1, b)Py+IC1, c)Pr+IC2, d)Py+IC2, e)TH+Pr+IC1, f)TH+Py+IC1, g)TH+Pr+IC2, h)TH+Py+IC2, i)TH+IC1, j)TH+IC2, k)IC1, l)IC2. 10 ddt. n=4.....	56
8	Firmeza de la pulpa de frutos de papaya con y sin hirotratamiento hidrotérmico. n=3. ± error estándar. IC1: frutos con ¼ de coloración, IC2: frutos con ¾ de coloración, TH: tratamiento hidrotérmico.....	58

9	Sólidos solubles totales de frutos de papaya con y sin tratamiento hidrotérmico. n=3. ± error estándar. IC1: frutos con ¼ de coloración, IC2: frutos con ¾ de coloración, TH: tratamiento hidrotérmico	59
10	Ácido cítrico en frutos de papaya con y sin tratamiento hidrotérmico. n=3. ± error estándar. IC1: frutos con ¼ de coloración, IC2: frutos con ¾ de coloración, TH: tratamiento hidrotérmico	60
11	Color de la epidermis (°Hue) en frutos de papaya con y sin tratamiento hidrotérmico. n=3. ± error estándar. IC1: frutos con ¼ de coloración, IC2: frutos con ¾ de coloración, TH: tratamiento hidrotérmico	62

I. INTRODUCCIÓN

La antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz), es considerada como la enfermedad postcosecha más importante en regiones tropicales y subtropicales del mundo, siendo la principal limitante fitopatológica de los frutos de papaya en postcosecha a nivel mundial, causando pérdidas del 40 al 100 % de la producción (Macedo, 2004; Cappellini *et al.*, 1988; Guzmán, 1998; Dickman y Álvarez, 1983; Arias, 1992). En México esta enfermedad se encuentra distribuida en todas las regiones productoras, con ataques severos en floración, fructificación y postcosecha, ocasionando pérdidas que varían del 15 al 50% (Becerra-Leor, 1995); también es la enfermedad mas importante en Hawaii, en el mercado de los Estados Unidos se detectaron 62.2 % pérdidas por pudriciones en diferente estado de desarrollo, y un 90 % con daños serios, la antracnosis limitada a la cáscara únicamente se reportó en el 12.1 % de las inspecciones (Cappellini *et al.*, 1988). En Costa Rica las pérdidas postcosecha de papaya alcanzan alrededor del 33 %, dentro de la cual las enfermedades contribuyen con el 24 %, donde la antracnosis ocasiona la mayor parte de ellas, ya que es la enfermedad más importante del fruto (Guzmán, 1998). Las pérdidas postcosecha en frutos tropicales en Brasil se estiman en un 30 %, en donde se ha considerado a la antracnosis como la enfermedad de mayor importancia económica del país (Tavarez, 2004), así mismo esta enfermedad es considerada como la más importante en la India (Sundravadana, 2007). Azoxystrobin, trifloxystrobin, pyraclostrobin son un nuevo grupo de fungidas

pertenecientes al grupo de las estrobilurinas (QoI), estos productos se han registrado en numerosos países para su uso en cultivos, como cereales, pastos, vid, vegetales y ornamentales (Fernández-Ortuño *et al.*, 2008). Azoxystrobin, pertenece a la clase química de los metoxiacrilatos, ha mostrado un control eficiente para el control de *Colletotrichum acutatum* en jitomate (Bubici *et al.*, 2006; Gutierrez *et al.*, 2006), para *C. gloeosporioides* en mango y mandarina (Sundravadana *et al.*, 2007; Zhang y Timmer; 2007; Rui *et al.*, 2004), para *Fusarium pallidoroseum* en melones (Terao *et al.*, 2006). Trifloxystrobin pertenece a la clase química de los oximinoacetatos, ha resultado eficiente en el control de algunas enfermedades como sigatoka negra (*Mycosphaertella fijiensis*) en plátano, *Plasmopara viticola* y *Uncinula necator* agentes causal del mildiú y oídio de la vid (Miller y Gubler, 2004; Chin *et al.*, 2001; Moshe, 2001). Pyroclostrobin pertenece a los metoxicarbamatos, proporcionó un control eficiente en *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer* y *Colletotrichum acutatum* (Sallato *et al.*, 2007; Turechek *et al.*, 2006). El uso de estrobilurinas podrían representar una alternativa en el control postcosecha de enfermedades fúngicas y ser una opción más a los productos químicos recomendados para el control de enfermedades postcosecha; dentro de los cuales prochloraz, es ampliamente utilizado en varios países en Europa, Australia, Asia y Sudamérica en la agricultura; en Brasil ha sido autorizado para el uso de mango y papaya en postcosecha; (Vinggaard *et al.*, 2006; Navickiene y Ribeiro, 2005). Una alternativa más para el control de enfermedades postcosecha, es el tratamiento hidrotérmico; útil para destruir esporas de hongos halladas en la

superficie del fruto, así como las infecciones latentes. Se ha informado la existencia de un efecto directo del calor en la reducción de la viabilidad de los hongos, así como en la capacidad de infección (Shellie y Mangan, 1994; Fallik *et al.*, 1995; Domínguez, 1998). El tiempo de inmersión depende de la temperatura del agua, sensibilidad térmica del fruto, variedad, área de cultivo, grado de madurez del fruto; normalmente es de 20 min a 49 °C o de 30 min a 42 °C, puede usarse por arriba de 47.7-48.8 °C pero por un tiempo reducido (Elesbão-Alves, 1999; Protrade, 1993).

El propósito de este trabajo fue evaluar la efectividad de tratamientos químicos y tratamiento hidrotérmico en el control de *C. gloeosporioides* en frutos de papaya Maradol *in vivo* e *in vitro*, así como evaluar el comportamiento del tratamiento hidrotérmico sobre parámetros de calidad. Los objetivos planteados son:

OBJETIVO GENERAL

- ❖ Evaluar la efectividad de tratamientos químicos y tratamiento hidrotérmico, en el control de la antracnosis en frutos de papaya “Maradol”

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Evaluar la efectividad de azoxystrobin, trifloxystrobin, pyraclostrobin, prochloraz, thiabendazol y tratamiento hidrotérmico (53 °C/ 3 min) en el control de la antracnosis

- ❖ Evaluar el efecto del tratamiento químico más eficiente en combinación con el tratamiento hidrotérmico en frutos de papaya “Maradol” con dos índices de cosecha.

- ❖ Evaluar parámetros de calidad en frutos de papaya “Maradol” sometidos al tratamiento hidrotérmico

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Papaya “Maradol”

El papayo (*Carica papaya* L.) variedad Maradol es de origen cubano, introducido a México en 1978 por la Comisión Nacional de Fruticultura (CONAFRUT) en el estado de Veracruz. Es uno de los frutos tropicales exóticos más apreciados y demandados para consumo o industrializado a nivel nacional e internacional (Cituk *et al.*, 1996). La producción de esta variedad va en ascenso sobre otras variedades, debido a sus cualidades de fructificación temprana, alta producción, sabor, color y consistencia, precios de venta y a la gran demanda en los mercados nacionales y extranjeros (Mandujano, 1995).

2.2 Índice de Cosecha

El momento de cosecha depende de la distancia al centro de comercialización sin embargo, papayas son cosechadas al cambio de color de la cáscara de verde oscuro a verde claro con algo de amarillo en el extremo distal (quiebre de color), usualmente entre el quiebre de color a $\frac{1}{4}$ amarilla, cuando el fruto se destina para exportación y entre $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ amarilla cuando se destina para mercado local. Se requiere un contenido mínimo de sólidos solubles de 11.5% de acuerdo a los estándares de clasificación Hawaianos de Estados Unidos de América (Kader, 1985).

2.3 Situación Nacional de Papaya Maradol

En México se cultivaron 6, 084 hectáreas de papaya para el 2008, con una producción de 638, 237 toneladas. México se coloca como el principal exportador a nivel mundial, con una aportación del 32 % (FAOSTAT, 2008).

2.4 Pérdidas postcosecha de frutos

Dentro de las principales pérdidas postcosecha de frutos destacan las enfermedades, estas reducen la calidad del fruto en campo y en el mercado, son las principales responsables de pérdidas que ocurren durante el transporte; las pérdidas de papaya son del 10 al 40 % en transporte terrestre y de 5 al 30 % en transporte aéreo, pudiendo alcanzar hasta el 75 % en la fase de comercialización. Las pérdidas ocasionadas por enfermedades varía dependiendo el manejo poscosecha y los procesos de empaque (Paull, 1997; Álvarez y Nishijima, 1987).

Las pérdidas postcosecha en frutos tropicales en Brasil se estiman en un 30 %, en donde se ha considerado a la antracnosis como la enfermedad de mayor importancia económica en el noreste del país (Tavarez, 2004).

2.5 Pérdidas de papaya en postcosecha por *C. gloeosporioides*

Colletotrichum gloeosporioides Penz ocasiona la enfermedad conocida como, antracnosis y es el patógeno de mayor importancia en regiones tropicales y subtropicales del mundo. Esta enfermedad se puede desarrollar en una gran

variedad de hospedantes, tales como: aguacate, cítricos, mango, papaya, plátanos (De Lapeyre y Chillet, 2000; Alahakoon *et al.*, 1994; Dickman y Álvarez, 1983).

La antracnosis es la enfermedad postcosecha en papaya más importante en Hawaii, en el mercado de los Estados Unidos se detectaron 62.2 % pérdidas por pudriciones en diferente estado de desarrollo, y un 90 % con daños serios. La antracnosis limitada a la cáscara únicamente se reportó en el 12.1 % de las inspecciones (Cappellini *et al.*, 1988). En Costa Rica las pérdidas postcosecha de papaya alcanzan alrededor del 33 %, dentro de la cual las enfermedades contribuyen con el 24 %, donde la antracnosis ocasiona la mayor parte de ellas, ya que es la enfermedad más importante del fruto (Guzmán, 1998). En México esta enfermedad se encuentra distribuida en todas las regiones productoras con ataques severos en floración, fructificación y postcosecha, ocasionado pérdidas que varían del 15 al 50% (Becerra-Leor, 1995). Esta enfermedad ha sido señalada como la principal limitante fitopatológica de los frutos de papaya en poscosecha a nivel mundial, causando pérdidas del 40 al 100 % (Arias, 1992).

2.6 Síntoma de *C. gloeosporioides*

Las infecciones usualmente inician en el campo, en etapas tempranas del desarrollo del fruto, sin embargo el patógeno permanece en estado quiescente hasta que el fruto alcanza la fase climatérica, una vez que el fruto comienza el

proceso de maduración los síntomas de la enfermedad se presentan (Álvarez y Nishijima, 1987).

En frutos de papaya, los síntomas de antracnosis consisten en lesiones semicirculares o angulares color café con hundimientos, extendiéndose como lesiones húmedas y en las cuales el hongo irrumpe como esporas de color salmón, que se desarrollan en masas y en algunas veces en anillos concéntricos (Bailey y Jeger, 1992; Snowdon, 1990). La pulpa debajo de la lesión es la primera en ponerse blanda, pero la pudrición es limitada en extensión, el perímetro de la lesión se vuelve duro y negro, ya que el fruto opone resistencia al ataque. Algunas veces se presentan pequeñas manchas cafés, las cuales se desarrollan dentro de la lesión típica de antracnosis (Snowdon, 1990). El hongo ocasiona el “pelado de la fruta”, que consiste en el desprendimiento de la cáscara de la fruta madura, siendo el daño más frecuente durante la época de lluvias (De los Santos *et al.*, 2000).

2.7 Infecciones latentes por *C. gloeosporioides*

El ciclo de vida de un patógeno en frutas y hortalizas, pasa a través de varias etapas, primeramente las esporas se establece al hospedero, estas germinan, producen estructuras de penetración o penetran directamente a través de heridas, produciendo síntomas de la enfermedad. Sin embargo un patógeno puede presentar una forma latente o quiescente, el estado de desarrollo en cual el hongo se convierte en quiescente puede ser al inicio de la germinación,

elongación del tubo germinativo, formación del apresorio, penetración o colonización. La falta de germinación o desarrollo de un subsecuente estado, es debido a condiciones fisiológicas adversas temporalmente impuestas por el hospedero, modificando la capacidad patogénica del hongo de manera directa o indirecta. (Prusky, 1996; Bailey y Jeger, 1992; Dickman y Álvarez, 1983).

En un estudio hecho en campo, papayas en estado tempranos de madurez e infectadas con *C. gloeosporioides*, no expresaron síntomas de la enfermedad, hasta que los frutos alcanzaron la fase climatérica, es decir, el patógeno permaneció latente. La presencia de infecciones latentes en frutas de aguacate inoculadas con *C. gloeosporioides* fue demostrado por medio de estudios anatómicos, donde se reveló la presencia de apresorios, que durante el proceso de maduración, germinaron y la hifa penetra la epidermis del fruto, alcanzando la pulpa (Binyamini y Schiffmann-Nadel, 1971).

Los cuatro mecanismos que se han descrito para explicar la resistencia de frutos inmaduros al ataque de hongos son: carencia de requerimientos nutricionales para el patógeno, presencia de compuestos antifúngicos preformados, presencia de compuestos antifúngicos inducibles y falta de activación del hongo por factores de patogenicidad (Ben-Moualem y Prusky 2000). El mecanismo de resistencia de frutos de aguacate contra el ataque de *C. gloeosporioides*, está relacionado con la presencia de compuestos antifúngicos preformados, el cual se ha identificado como 1-acetoxi-2-hidroxi-

4-oxo-eneicosa-12,15-dieno (AFD), presente en el exocarpio de frutos en estado inmaduros. AFD es el más potente de cinco compuestos antifúngicos preformados detectados en la epidermis de aguacate; el incremento de la susceptibilidad a *C. gloeosporioides* es el resultado de una disminución en la concentración de AFD, lo cual ocurre durante el proceso de maduración que va de 1,200 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en frutos verdes a 120 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ en frutos maduros (Domergue *et al.*, 2000; Prusky y Keen, 1993; Prusky *et al.*, 1982;). En frutos de mango verde se encontró al compuesto antifúngico 5-alquilato resorcinol, encontrándose a concentraciones entre 154 y 232 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ de peso fresco, el cual disminuyó a niveles de 74 y 125 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ en frutos maduros (Prusky y Keen, 1993).

2.8 Tratamientos químicos en el control de patógenos

2.8.1 Control químico de *C. gloeosporioides*

En lo que respecta al control químico de enfermedades poscosecha en frutas tropicales y subtropicales se encuentran el benomil, thiabendazol, prochloraz e imazalil, que se utilizan ampliamente en Centro y Sudamérica, principalmente para el control de la antracnosis en plátano, mango y cítricos (Arauz, 1992; Eckert y Ogawa, 1985).

Nery-Silva *et al.*, (2001) indican que la utilización de thiabendazol en el control de *Colletotrichum gloeosporioides* fue poco efectivo para el control de pudriciones en papaya, por su parte Vilela *et al.*, (2004), Gutiérrez-Alonso (2001) y Spanding (1982), reportaron que aislamientos de *C. gloeosporioides*

inoculados en frutos de mango, fueron resistentes a los fungicidas benomilo y thiabendazol. De Lapeyre, (1997) reporta resistencia de *Colletotrichum musea* al thiabendazol.

2.8.2 Uso de estrobilurinas

Las estrobilurinas son un nuevo grupo de fungicidas que inhiben la respiración mitocondrial bloqueando el sitio Qo del complejo citocromo bc₁, esta inhibición bloquea la transferencia de electrones entre el citocromo b y el citocromo c₁, con lo cual, se provoca una deficiencia en la producción de energía en las células del hongo, deteniéndose la producción de ATP (Bartlett *et al.*, 2002).

Las estrobilurinas tienen actividad principalmente preventiva, curativa, con efectos translaminares (penetra la lamina foliar). Las esporas de los hongos son más susceptibles a este grupo de fungicidas que el micelio de estos, por tanto las estrobilurinas son altamente eficientes en el control de la germinación de esporas y la penetración al hospedero (Hamdy, 2007). Las estrobilurinas tienen una particular importancia contra los cuatro grandes grupos de hongos patógenos (ascomicetes, basidiomicetes, deuteromicetes y oomicetes); sin embargo estos fungicidas varían en sus niveles control y no todos ellos pueden dar altos niveles de eficiencias contra estos grupos de hongos (Bartlett *et al.*, 2002). Las estrobilurinas han llegado a ser esenciales para el control de enfermedades agrícolas importantes. Esta clase de fungicidas se han registrado en numerosos países para su uso en varios cultivos, como cereales,

pastos, vid, vegetales y ornamentales (Fernández-Ortuño *et al.*, 2008). Desafortunadamente, el riesgo de desarrollar resistencia por parte de estos fungicidas es alto, como menciona McGrath (2001), en donde el uso de estrobirulinas presentó resistencia en el control *Podospaera xanthii* causante del mildiú. Por tanto se necesitan elaborar estrategias para disminuir el riesgo a la resistencia, esto es, limitaciones en el uso de fungicidas, uso de mezclas o alternancia en sus aplicaciones.

La primera estrobilurina fue comercializada en 1996, y para el 2002 se tenían seis comercialmente avaladas, estas son: azoxystrobin, picoxystrobin, pyraclostrobin, kresoxim-metil, trifloxystrobin y metominostrobin (Bartlett *et al.*, 2002).

Las estrobilurinas son importantes no solo como fungicidas de aplicación foliar, sino también en aplicaciones de tratamientos para semillas, así como al suelo (Bartlett *et al.*, 2002). Estos fungicidas podrían ser una alternativa para el control poscosecha de enfermedades.

2.8.3 Azoxystrobin

El azoxystrobin fue introducido comercialmente en 1996, pertenece a la clase química de los metoxiacrilatos, su nombre químico es Metil (E)-2-{2-[6-(2-cianopentoxi) pirimidin-4-xiloxi] fenil}-3metoxiacrilato. Su solubilidad en agua

es de 6 mg L⁻¹ a 20 °C, presión de vapor 1.1x10⁻⁷ mPa a 20°C, punto de fusión de 115°C, masa molecular de 403.4 (Bartlett *et al.*, 2002).

Es un fungicida con actividad preventiva, curativa y erradicante, inhibe la germinación de esporas y el crecimiento micelar; con propiedades sistémicas y translaminares (Fernández-Ortuño *et al.*, 2008; Hamdy, 2007). Azoxystrobin tiene registro para su uso en 84 cultivos en 72 países. En 1999 este fungicida obtuvo ventas de 415 millones de dólares, siendo el fungicida más vendido en el mundo (Bartlett *et al.*, 2002).

2.8.4 Azoxystrobin en el control de patógenos

Azoxystrobin es un fungicida, que ha mostrado un control eficiente en varias enfermedades y cultivos: fue eficiente para reducir la raíz corchosa, (*Pyrenochaeta lycopersici* Schneider and Gerlach) y la verticilosis (*Verticillium dahliae* Kleb); así también en el control de la antracnosis (*Colletotrichum acutatum*) en jitomate (Bubici *et al.*, 2006; Gutierrez *et al.*, 2006). En mango, evaluaciones *in vitro*, inhibieron completamente el crecimiento de *C. gloeosporioides*, y las aplicaciones en campo controlaron la enfermedad en panículas, hojas y frutos (Sundravadana *et al.*, 2007; Rui *et al.*, 2004). En un estudio realizado, el azoxystrobin fue el fungicida más efectivo para el control de pudriciones poscosecha en aguacate (Everett *et al.*, 2005). En precosecha la aplicación del fungicida redujó la incidencia de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en frutos de mandarina (Zhang y Timmer; 2007). Controló

podridones causadas por *Fusarium pallidoroseum* en melones, almacenados a temperatura ambiente y en refrigeración (Terao *et al.*, 2006). En cítricos se observó que la aplicación de azoxystrobin redujo la incidencia de *Diaporthe citri*, el causante de la melanosis cuando la inoculación se hizo posterior a la aplicación del fungicida, sin embargo su efectividad se redujo cuando el fungicida se aplicó posterior a la inoculación con el patógeno (Bushong y Timmer, 2000). Resultados similares obtuvo Wong y Wilcox (2001), en donde el fungicida proporcionó un 100 % en el control de *Plasmopara viticola* causante de mildiú en vid; esto antes de la inoculación del hongo, aplicaciones posteriores a la infección, tuvo poco efecto en controlar la incidencia de la enfermedad; aun así, se redujo el área de las lesiones y la esporulación de las colonias causadas por el hongo, por lo que representa un alternativa para el control de patógenos en postcosecha. Sin embargo se ha reportado casos en que este producto ha causado resistencia, tal como en *Pyricularia grisea* en gramíneas (Kim *et al.*, 2003; Vincelli y Dixon, 2002).

2.8.5 Trifloxystrobin

Trifloxystrobin pertenece a la clase química de los oximinoacetatos, su nombre químico es ester metil ácido (E,E)-metoxyimino-[2-[1-(3trifluorometil-fenil)-etilideneaminoxymetil]-fenil]-acético. Su solubilidad en agua es de 0.6 mg L⁻¹ a 20 °C, presión de vapor 3.4x10⁻³ MPa a 25°C, punto de fusión de 73 °C, masa molecular de 408.4. Es un fungicida mesostemico de amplio espectro, con

actividad preventiva y curativa (Fernández-Ortuño *et al.*, 2008; Hamdy, 2007; Bartlett *et al.*, 2002).

2.8.6 Trifloxystrobin en el control de patógenos

Trifloxystrobin es un fungicida que ha demostrado ser eficiente en el control de sigatoka negra (*Mycosphaertella fijiensis*) en plátano, se monitoreo ésta enfermedad en países como Belice, Costa Rica, Colombia, Honduras, Panamá; donde se sugiere que la población de *Mycosphaertella fijiensis* en plantaciones comerciales fueron altamente sensibles a trifloxystrobin durante tres años consecutivos de aplicación, sin embargo también se encontró que el patógeno tiene potencial de adaptación, esto plantaciones en donde el uso del fungicida es alto (Chin *et al.*, 2001). Este fungicida fue efectivo para el control del *Plasmopara viticola* y *Uncinula necator* agentes causal del mildiú y oídio de la vid (Miller y Gubler, 2004; Moshe, 2001). En jitomate controlo la raíz corchosa, (*Pyrenochaeta lycopersici* Schneider and Gerlach) y la verticilosis (*Verticillium dahliae* Kleb) (Bubici *et al.*, 2006).

2.8.7 Pyraclostrobin

Pyraclostrobin fue introducido comercialmente en el 2002, pertenece a la clase química metoxicarbamatos, su nombre químico es Metil-N-{2-[1-(4-clorofenil)-1H-pirrazol-3il] oximetilfenil} (N-metoxi) carbamato. Su solubilidad en agua es de 1.9 mg L⁻¹ a 20 °C, presión de vapor 2.6 x10⁻⁵ MPa a 20°C, punto de fusión de 64-65°C, masa molecular de 387.8. Es un fungicida propiedades preventiva,

curativa y actividad translaminar (Fernández-Ortuño *et al.*, 2008; Hamdy, 2007; Bartlett *et al.*, 2002).

2.8.8 Pyraclostrobin en el control de patógenos

Se realizó un estudio para controlar la antracnosis en fresa (*Colletotrichum acutatum*), para esto se efectuaron aplicaciones de pyraclostrobin antes y después de inocular con el patógeno, las aplicaciones antes de la infección suprimieron la enfermedad, el control en pos-infección fue significativo, aunque generalmente menos eficiente de cuando se aplicó de manera preventiva (Turechek *et al.*, 2006). Sallato *et al.* (2007) menciona que pyraclostrobin proporcionó un completo control de *Botrytis cinerea* y *Rhizopus stolonifer* inoculados en frutos de fresa y almacenados a 5°C por 20 y 15 días respectivamente. Aplicaciones precosecha de pyraclostrobin redujeron la incidencia de enfermedades en cítricos, esto después de almacenarlas 10 °C y con 90 %HR (Ritenour *et al.*, 2004).

2.8.9 Prochloraz

Prochloraz pertenece al clase química de los imidazoles, su nombre químico es N-propil-N-[2-(2,4,6-triclorofenoxi)- etil] imidazol-1-carboxamida. El modo de acción de este fungicida es a través de la inhibición de la biosíntesis del ergosterol (Laignelet *et al.*, 1989).

Este producto es ampliamente utilizado en Europa, Australia, Asia y Sudamérica en la agricultura. En Brasil, prochloraz ha sido autorizado para el uso en campo en manzana, naranja, tomate, trigo, arroz y ornamentales; para mango y papaya en poscosecha, en Brasil este producto se utiliza a nivel comercial en tratamientos poscosecha de papaya, con dosis de 250.335 mg de i.a./L, de acuerdo a la época de producción; este producto se utiliza para el tratamiento de fruta destinada a la comunidad económica europea (Vinggaard *et al.*, 2006; Navickiene y Ribeiro, 2005; Nery-Silva *et al.*, 2001).

2.8.10 Prochloraz en el control de patógenos

Ker-Chung (2001), menciona que prochloraz fue altamente eficiente en el control de *C. gloeosporioides* en mango, y que no existe ninguna resistencia significativa del fungicida en las huertas, esto a pesar de que ha sido utilizado por cerca de 20 años el control de antracnosis, no obstante, es importante considerar que el sobre uso del fungicida es una práctica no adecuada. Por su parte Nery-Silva (2001) menciona que prochloraz controló la pudrición peduncular causada por *C. gloeosporioides* en frutos de papaya. Bello-Rivera, (2002), menciona que el prochloraz dio un control excelente de *Colletotrichum gloeosporioides* en aguacate almacenado a temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ \text{C}$). Prochloraz inhibió en un 100 % el crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides*, esto en frutos de banano (Espinosa-Ortega, 2003). Estudios realizados en fresa dieron como resultado que prochloraz fue el fungicida más efectivo en la inhibición del crecimiento micelar de *Colletotrichum acutatum* in

in vitro, así también, plantas de fresa inoculadas con el patógeno y tratadas con prochloraz presentaron una menor mortalidad (Freeman, 1997). Kososki *et al.*, (2001), indica que prochloraz fue eficiente para inhibir la germinación de conidios de *C. acutatum*, el control de la enfermedad por el uso del fungicida, se reflejó en una mayor producción y menor presencia de flores enfermas. Es también efectivo el control de *Acremonium* spp., agente causal de la muerte súbita o colapso en melón, su control se manifestó en la longevidad de la planta, así en como aspectos de la parte aérea y raíz del cultivo (García-Jiménez *et al.*, 1990). El fungicida presentó una inhibición total del crecimiento de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* agente causal del marchitamiento o mal de panamá en bananas evaluado *in vitro*; del mismo modo, se encontró que fue el mejor fungicida para el control de la enfermedad *in vivo* (Nel *et al.*, 2007).

2.9 Tratamiento físico poscosecha

2.9.1 Tratamiento hidrotérmico en el control de patógenos

El tratamiento hidrotérmico (termoterapia o hidroterapia) es un método alternativo que ha sido usado por varios años para el control de enfermedades fúngicas en poscosecha (Couey, 1989). El efecto del calor en el control de patógenos poscosecha se debe a la desnaturalización de proteínas, liberación de lípidos, destrucción de hormonas, asfixia de tejidos, liberación de reservas alimenticias y daño metabólico con o sin acumulación de intermediarios tóxicos, se ha informado la existencia de un efecto directo del calor en la

reducción de la viabilidad de los hongos, así como en la capacidad de infección (Barkai-Goldan y Phillips, 1991; Fallik *et al.*, 1995; Domínguez, 1998).

El agua caliente fue utilizada en un principio para el control de hongos pero su uso se extendió para el control de insectos. Estos tratamientos resultan útiles en muchos casos para el control de hongos ya que las esporas de los mismos se encuentran en forma latente a nivel superficial o entre las primeras capas de células por debajo de la piel de los frutos (Shellie y Mangan, 1994). Los mecanismos indirectos de resistencia contra patógenos involucran una serie de interacciones complejas con diferentes líneas de respuesta, como la presencia de barreras mecánicas a los microorganismos, la presencia de compuestos antimicrobianos y la existencia de proteínas capaces de tolerar las condiciones de estrés o de inhibir la colonización de los tejidos por los patógenos (Couey, 1989). La aplicación de tratamientos a altas temperaturas (TAT) incrementa la resistencia de frutos, en algunos casos al inducir a la enzima PAL y con ello la biosíntesis de lignina y compuestos fenólicos. También se ha mencionado la obstrucción de rajaduras a nivel superficial de los frutos debido a la fusión y redistribución homogénea de las ceras superficiales como consecuencia de la aplicación de TAT (Roy *et al.*, 1994).

El tratamiento hidrotérmico se utiliza con dos finalidades en papaya para exportación: destruir esporas de hongos halladas en la superficie del fruto y filamentos (infecciones latentes) que se encuentren bajo la superficie de la

cáscara y para el control de mosca de la fruta. El tiempo de inmersión depende de la temperatura del agua, sensibilidad térmica del fruto, variedad y del área de cultivo. Normalmente es de 20 min a 49 °C o de 30 min a 42 °C, puede usarse una temperatura por arriba de 47.7-48.8 °C pero por un tiempo reducido. En Brasil se emplea la inmersión de los frutos por 20 min a 49 °C como tratamiento hidrotérmico de las papayas para exportación a Europa y Estados Unidos (Elesbão-Alves, 1999; Protrade, 1993). En Hawai el tratamiento hidrotérmico estándar de inmersión 48 °C, durante 20 min, ha sido exitosamente utilizado por más de 30 años para controlar antracnosis, pudriciones basales, e infecciones incipientes de *Phytophthora* (Aragaki *et al.*, 1981).

Tratamientos hidrotérmicos en mango cv. Manila a 46 °C por 90 min disminuyeron el daño por antracnosis en un 63 %, en frutos almacenados a 20 °C y en un 67 % para frutos almacenados a 10 °C (Mena-Nevarez 1993).

Plátanos sometidos a tratamiento térmico de 50 °C por 20 y 15 min, para el control de *Colletotrichum musae*, presentaron un 15 % y 25 % de área afectada con el patógeno; con el aumento de temperatura a 53 °C por los mismos tiempos se tubo 0 % y 3 % de área lesionada respectivamente; los frutos fueron evaluados a los 12 días después del tratamiento (Sponholz *et al.*, 2004). Por su parte Moraes *et al.*, (2005) obtuvo que frutos de plátano inoculados con *Colletotrichum musae* y tratados a 56 °C durante 3, 6, 9 min, no presentaron

podriciones a los 12 días después de los tratamientos, en tanto que los frutos no tratados mostraron 64% de área lesionada. El tratamiento a 56 °C por 12 min no fue efectivo en el control de pudriciones, además, aumento la susceptibilidad de los frutos al ataque de patógenos oportunistas, así como la recontaminación con *C. musae*; después del periodo de evaluación los frutos tratados a 56 °C durante 6 y 9 min estaban libres de pudriciones, no así para el tratamiento a 56 °C por 3 min, el cual presento algún nivel de daño. Resultados positivos se obtuvo con termoterapias de 50 °C por 20 min en el control de *Chalara paradoxa* en plátano. (Reyes *et al.*, 1998). Infecciones latentes inducidas artificialmente en plátano fueron controladas por inmersión de frutos verdes en agua a 55 °C por 2 min y 54 °C por 5 min. (Burden, 1968).

Duraznos y nectarinas infectadas con *Monilinia fructicola* fueron inmersas en agua caliente a 46 °C y 50 °C por 2.5 min, con lo cual se redujo la incidencia de la enfermedad de 82.8 % a 59.3 % y 38.8% respectivamente (Margosan *et al.*, 1997). Fallik *et al.*, (1995) encontraron que los tratamientos de alta temperatura reducen la germinación de esporas de *Penicillium expansum* en manzanas. Investigaciones realizadas en peras, reportan que la incidencia de *Mucor* y *Phialophora* fue reducida mediante la aplicación de TAT incluso cuando los frutos fueron inoculados luego del tratamiento térmico (Spotts y Chen, 1987). La mejor inhibición de *Penicillium expansum* se obtuvo cuando frutos de pera fueron tratada a 46° C por 15 min (Hongyin *et al.*, 2008)

El patógeno *Chalara paradoxa* (De Seyen.) Sacc, agente causal de la pudrición de la corona, fue inoculado a frutos de piña a una concentración de 1×10^4 conidios/ml, posterior, fue aplicado un tratamiento de agua calientes a 54 °C durante 3 min, los frutos almacenados durante 21 días a 10 °C y 48 h a temperatura ambiente (28 ± 2 °C) no presentaron síntomas de la enfermedad; así también los frutos conservados a temperatura ambiente durante 6 días estuvieron libres del patógeno, los frutos que se utilizaron como control presentaron un 100 % de infecciones internas y externas (Wilson *et al.*, 2005).

Fresas con tratamiento térmico a 55 °C y 60 °C por 30 seg contra *Botrytis cinérea*, presentaron un porcentaje de enfermedad de 22.8 y 14.3, respectivamente, mientras que el control tuvo un 88.6 % (Karabulut *et al.*, 2004). Dimitris *et al.*, (2005) encontró que tratamientos a 60 °C o 65°C por 20 seg redujeron la incidencia de enfermedades en nopal. En frutos de litchi el hidrotatamiento a 52 °C por 1 min mostraron pudriciones del 15 % (Olesen, 2004).

Las respuestas fisiológicas de las diferentes especies de frutos a los tratamientos térmicos pueden variar debido a la estación, lugar de producción, diferentes climas, tipo de suelo, prácticas culturales, maduración del fruto, cosecha (Fallik, 2004).

2.9.2 Tratamiento hidrotérmico y su efecto sobre la calidad de frutos

Plátanos sometidos a 53 °C por 15 y 20 min presentaron oscurecimiento de la cascara, a partir del sexto día del tratamiento, frutos expuestos a 50°C por 10 min presentaron oscurecimiento a partir del noveno día (Sponholz *et al.*, 2004). Lesiones en la cáscara fueron observadas por Armstrong (1982) en plátanos tratadas por arriba de 55 °C, y por Rahman *et al.*, (1994) en frutos tratados por arriba de 50 °C. Por su parte Domínguez *et al.*, (1998), reporta que temperaturas por debajo de 50 °C causan un retraso en la evolución del color de las cascara, afectan la acumulación de sólidos solubles, y que temperaturas entre 50 °C a 55 °C, causaran oscurecimiento de la cascara, incompleta acumulación de azúcares solubles, o un aumento en la sensibilidad de daños por frío en los frutos. Plátanos con termoterapias a 55 °C por 10 min presentaron escaldaduras en la cascara y oscurecimiento en la pulpa. (Reyes *et al.*, 1998). Tratamiento de 56 °C por 9 min, provoco lesiones en las extremidades de frutos de plátano, caracterizada por oscurecimiento, pero sin ningún retraso en la madurez, al final de las evaluaciones (12 ddt); así también se observó que no hubo un efecto de los tratamientos térmicos en la pérdida de peso, coloración externa, firmeza, pH, acidez, contenido de clorofila y carotenoides (Moraes *et al.*, 2005).

Tratamientos hidrotérmicos de 55 °C por 5 min asociados a refrigeración de 10-13°C en frutos de mango, aumentaron su vida postcosecha (Costa-Lima *et al.*, 2007). Guayabas con hidroterapias de 47 °C por 6 min y almacenadas a 8 y

22°C, promovieron un retraso en la pérdida de peso y la firmeza de pulpa, no se evidenció un ascenso en la producción de CO₂ y etileno (Vieira *et al.*, 2008).

En un estudio realizado a frutos de piña se encontró que no existe diferencia significativa entre los frutos de piña tratados térmicamente (54°C por 3 min) y el control; en cuanto a los parámetros de color, niveles de ácido ascórbico y acidez titulable, existió una diferencia significativa en cuanto al contenido de sólidos solubles totales (Wilson *et al.*, 2005).

Mandarinas tratadas a 52 °C por 2 min, 55°C por 1 min y 60 °C por 20 seg y almacenadas a 5 °C por 3 semanas, y a 18 °C por 7 días no presentaron efectos adversos en los atributos de calidad: pH, acidez titulable, contenido de sólidos solubles, pérdida de peso, firmeza y color externo. Sin embargo, frutos de mandarina tratados a 60°C por 20 seg, tuvieron mejor aspecto, lo anterior confirmó que la inmersión en agua caliente se podría aplicar a frutos de mandarina como un pretratamiento efectivo para mantener la calidad postcosecha del producto, durante el almacenamiento y comercialización (Seok-In *et al.*, 2007).

Manzanas inmersas en agua durante uno, dos y tres min a temperatura de 47 °C, 49 °C y 52 °C; conservadas en refrigeración a 0-1 °C por uno, tres y cinco meses, seguido de un periodo de 1 semana a temperatura ambiente, fueron evaluadas al final de cada periodo de almacenamiento, encontrándose que los

tratamientos presentaron una reducción en la acidez titulable, incremento en el contenido de sólidos solubles totales y hubo poca influencia en la firmeza y pérdida de peso (Lunardi *et al.*, 2002). Por su parte Lunardi *et al.*, (2003) menciona que manzanas sometidas a las mismas temperatura y tiempos de inmersión no tuvieron efecto en la pérdida de firmeza y tuvieron poca influencia en el contenido de sólidos solubles totales, aun que se tuvo un efecto negativo, en la acidez titulable y pérdida de peso

El manejo inadecuado de la temperatura en los tratamientos térmico, puede provocar en los frutos, colapso de la pulpa, frutos sin sabor y en casos severos producción de etanol y acetaldehídos, que son tóxicos para el fruto (Alves *et al.*, 2002).

La gran limitante en el uso de tratamientos térmicos es la carencia de protección contra la recontaminación por patógenos y las lesiones causadas a los frutos, como la decoloración, incremento a la susceptibilidad a microorganismos, reducción del periodo de almacenamiento, otros factores como la madurez, el metabolismo de los azúcares, la producción de etileno, producción de etanol, la actividad de enzimas pecticas, pérdida de electrólitos, también pueden ser afectados (Sponholz1 *et al.*, 2004).

El grado de madurez, variedad, la tolerancia del cultivar al calor, las condiciones precosecha, deben ser considerados cuando se desarrolla o aplican tratamientos térmicos (Golan y Phillips, 1991).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en dos fases, la primera consistió en evaluar la efectividad de tratamientos químicos con azoxystrobin, trifloxystrobin, pyraclostrobin, prochloraz, thiabendazol *in vitro* e *in vivo* así como el tratamiento físico (53 °C por 3 minutos); con lo cual se obtuvieron los tratamientos con mayor efectividad, que fueron utilizados en la segunda fase de la investigación; en esta fase, los fungicidas evaluados fueron prochloraz, pyraclostrobin y el tratamiento hidrotérmico (TH), así como sus combinaciones; esto en frutos de papaya cv. Maradol, con dos índices de cosecha, IC1 (1/4 de coloración) e IC2 (3/4 de coloración); además se evaluó la calidad de frutos con TH. Para la investigación se aisló, purificó e identificó al hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, y se realizaron pruebas de patogenicidad.

3.1. Aislamiento, purificación e identificación de *Colletotrichum gloeosporioides*

De frutos de papaya cv. Maradol afectados por antracnosis, se realizaron cortes de tejido, que se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2 % durante 5 min, se enjuagaron con agua destilada estéril y fueron sembrados en medio papa dextrosa agar (PDA). Las cajas petri se mantuvieron a luz fluorescente continua a 21 ± 2 °C; después de 48 a 72 h se reaisló micelio, corroborando previamente que no existiera contaminación. Con un crecimiento de 48-72 h se realizaron cultivos monospóricos. El incremento de la cepa seleccionada (Fig.

1a), se realizó en PDA. Con base a las claves Sutton (1980) y Barnett y Hunter (1988), se identificó al hongo como *Colletotrichum gloeosporioides*, en donde sus conidios presentaron las siguientes características: conidios rectos, cilíndricos con ambos extremos redondeados, con 13.4 μm largo y 3.6 μm de ancho (Fig. 1b), además se observaron la presencia de apresorios (Fig. 1c).

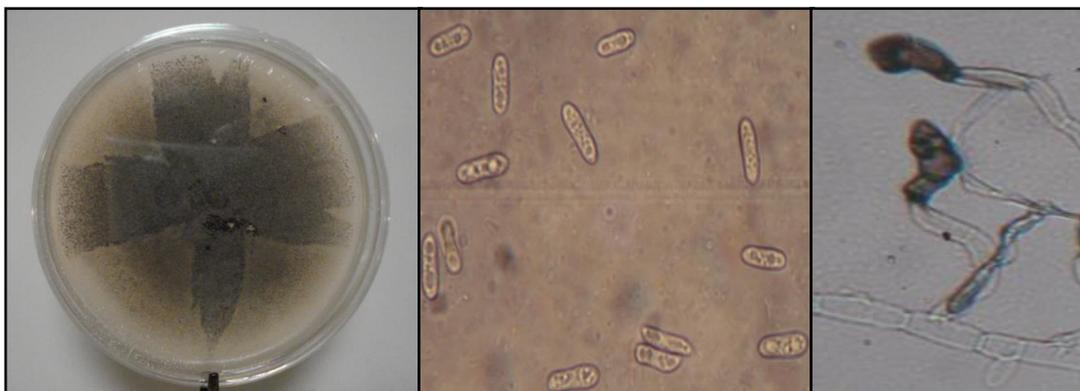


Figura 1. a) *Colletotrichum gloeosporioides* aislado de papaya cv Maradol, b) Conidios de *C. gloeosporioides*, c) Apresorios.

3.2. Patogenicidad de *C. gloeosporioides*

Se realizaron pruebas de patogenicidad del aislamiento de *Colletotrichum gloeosporioides*, en frutos de papaya cv Maradol. Los frutos se desinfectaron por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 2 % durante 5 minutos, y se enjuagaron con agua estéril. La inoculación de los frutos se realizó sobre el pericarpio de estos, depositando una gota de la suspensión de conidios (1×10^5 conidios/ml), en cada una de las heridas realizadas al fruto, el testigo se inoculó con agua destilada estéril. Los frutos se mantuvieron en cámaras húmedas a 24 ± 2 °C durante ocho días, posterior, se evaluó la

incidencia de la enfermedad y se realizaron las pruebas de Koch. Se comprobó que *Colletotrichum gloeosporioides* fue el agente causal de la antracnosis, ya que resultó patogénico al inducir el desarrollo de síntomas de esta enfermedad en los frutos, con una incidencia del 100 %. La aparición de los síntomas se exhibió a los tres días de realizar la inoculación, éstos en estado avanzado, se observaron como lesiones oscuras y hundidas, circulares, las cuales se extendían como lesiones húmedas con o sin crecimiento micelial; los síntomas fueron similares al de los frutos con antracnosis de donde se aisló la cepa de *Colletotrichum gloeosporioides* originalmente. Las cepas que se reaislaron de las lesiones presentaron características semejantes a las que se utilizaron en la inoculación de los frutos, obteniéndose también a *C. gloeosporioides*.

Una vez que se obtuvo cepa de *Colletotrichum gloeosporioides* se procedió a realizar la fase experimental de la investigación.

Fase I

3.3 Evaluación *in vitro* de fungicidas sobre la germinación y crecimiento micelial de *C. gloeosporioides*

3.3.1 Germinación de *C. gloeosporioides*

Se colocó 0.1 ml de suspensión de conidios sobre discos de PDA de 1.5 cm de diámetro, los cuales contenían azoxystrobin, trifloxystrobin, pyraclostrobin, prochloraz, thiabendazol a 500, 250 mg L⁻¹, cuatro discos por dosis de cada uno de los fungicidas evaluados, los discos fueron incubados a 24 ± 2 °C con

luz fluorescente continua. El porcentaje de germinación de 50 conidios por disco se evaluó a las 4, 6, 8, 10, 12 y 24 h.

3.3.2 Crecimiento micelial de *C. gloeosporioides*

Del cultivo monospóricos se tomaron discos de 4 mm y se colocaron individualmente sobre cajas con PDA que contenían a cada uno de los fungicidas, considerándose el ingrediente activo azoxystrobin, trifloxystrobin, pyraclostrobin, prochloraz, thiabendazol a 500, 250 y 50 mg L⁻¹; cuatro cajas por dosis; se incubaron a 24 ± 2 °C con luz fluorescente continua. Se midió diariamente el crecimiento micelial hasta que el micelio llenó la caja petri en el testigo.

3.4 Efectividad de fungicidas y tratamiento hidrotérmico en el control de la antracnosis en papaya “Maradol”

Los tratamientos químicos fueron a base de azoxystrobin, trifloxystrobin, pyraclostrobin, prochloraz, thiabendazol a 500, 250 mg L⁻¹ y el tratamiento hidrotérmico a 53 °C /3 min, éstos se evaluaron en frutos de papaya cv. Maradol de aproximadamente 1.5-2.0 kg, procedentes del municipio Manlio Fabio Altamirano, Veracruz. Los frutos se trasladaron a Texcoco, Edo. México; en donde se desinfestaron con detergente biodegradable y por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio a 2 % durante 5 min, se enjuagaron con agua potable. Los frutos se mantuvieron a 24 ± 2 °C durante una semana, posterior, fueron llevados al laboratorio de enfermedades poscosecha del

Colegio de Posgraduados, para la aplicación de los tratamientos, previamente se sometieron a una segunda desinfección. Cada tratamiento consto de cuatro repeticiones, en donde un fruto fue considerado como una repetición. Se realizaron a cada fruto 10 heridas de 5 mm de profundidad con un palillo estéril, en donde se depositó una suspensión de conidios (1×10^5 conidios/ml); éstos se mantuvieron en cámaras húmedas a $24 \pm 2^\circ \text{C}$ por 24 h. La aplicación de los tratamientos químicos se efectuó por inmersión total de los frutos en soluciones con fungicidas durante 5 min; se midió el pH, siendo de 7.5, 7.8, 7.6, 7.5, 7.7; para los tratamientos con azoxystrobin, trifloxystrobin, pyraclostrobin, prochloraz y thiabendazol; para el tratamiento físico los frutos se sumergieron completamente en agua estéril a 53°C por tres minutos, posterior, fueron colocados en agua estéril fría durante 5 minutos. El testigo inoculado sólo se sumergió en agua destilada estéril. Los frutos se mantuvieron en cámaras húmedas durante 8 días, a $24 \pm 2^\circ \text{C}$. Se evaluó el porcentaje de incidencia, esto como el porcentaje de heridas infectadas por fruto; la severidad con base en el diámetro de la lesión que presentaron los frutos en mm, así también se calculó la efectividad a través de la fórmula de Abbott (1925).

Fase II

3.5 Efectividad de pyraclostrobin, prochloraz y tratamiento hidrotérmico en el control de antracnosis en frutos con dos índices de cosecha

Frutos procedentes de Apatzingan, Michoacán, fueron recolectados en dos índices de cosecha, 3/4 de color (IC2) y 1/4 de color (IC1). Los frutos fueron transportados al laboratorio de enfermedades poscosecha del Colegio de Posgraduados y plantas piloto del departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo, en donde se aplicó el tratamiento hidrotérmico. Los frutos se desinfectaron con detergente biodegradable y por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio (2 %) durante 5 min, y se enjuagaron con agua potable. Se realizó el mismo procedimiento para la inoculación de los frutos, la utilización de la misma concentración de conidios (1×10^5 conidios/ml), el número de heridas hechas a los frutos (10 heridas por fruto), así como el tiempo que se mantuvieron en cámaras húmedas una vez que los frutos se inocularon (24 h). Los fungicidas utilizados fueron pyraclostrobin, prochloraz a 500 mg L^{-1} , los frutos se sumergieron totalmente durante 5 min en las soluciones preparadas, para el tratamiento físico, se utilizaron marmitas industriales las cuales contenían agua a $53 \text{ }^\circ\text{C}$, en donde los frutos se sumergieron completamente por tres min; después del tratamiento estos se colocaron en agua fría o bien en la solución de fungicidas pyraclostrobin, prochloraz a 500 mg L^{-1} durante 5 min. El testigo inoculado sólo se sumergió en agua destilada estéril. Los frutos se mantuvieron en cámara húmeda durante 8 y 10 días a $24 \pm 2^\circ \text{C}$. Cada tratamiento evaluado

consto de cinco repeticiones, en donde un fruto fue considerado como una repetición; se evaluó el porcentaje de incidencia, severidad.

3.6 Efecto del tratamiento térmico sobre la calidad de frutos de papaya “Maradol”

Frutos sometidos al tratamiento hidrotérmico (53°C/3 minutos) y con dos incidencias de cosecha (IC1 e IC2) se evaluaron en cuanto a parámetros de calidad, así como, frutos testigos (sin tratamiento térmico). Las variables de calidad evaluadas fueron medidas al inicio y a los 2, 4, 6, 8, 10 días después del tratamiento, los resultados obtenidos se analizaron mediante un DCA, en donde se utilizaron 3 frutos por tratamiento, cada fruto se considero una repetición. Las variables evaluadas fueron:

3.6.1 Firmeza

La pérdida de firmeza se evaluó mediante un texturómetro Chatillon modelo FDV-30 con un puntal cónico de 0.8 cm de diámetro. Se midió en cuatro lados del fruto (parte central), los datos se expresaron en N.

3.6.2 Sólidos solubles totales

Se determino mediante un refractómetro digital, Atago modelo Pr-100 con escala de 0 a 32%., la variable fue medida en cuatro lados de un disco de la parte central del fruto, los resultados se expresaron en °Brix.

3.6.3 Acidez titulable

Se siguió la metodología propuesta por la AOAC (1984), en donde se pesan 10 g de pulpa del fruto la cual se licuó con 50 mL de agua destilada, se toman una alícuota de 10 mL a los que se adicionan 5 gotas de fenolftaleína, se tituló con hidróxido de sodio al 0.01 N. Los datos obtenidos se expresan como % de ácido cítrico, este en base a la formula: % de ácido cítrico= $[(G*N*Meq*Vt)/P*A]*100$

Donde:

G= mL de NaOH 0.01 N usados

N= Normalidad química del NaOH

Meq= Miliequivalentes del ácido cítrico

Vt= Volumen total

P= Peso de la muestra (g)

A= Alícuota (mL)

3.6.4 Color de la epidermis y pulpa

Esta variable se determinó con el colorímetro HunterLab modelo D-25-PC2, para la epidermis se midió en cuatro lados de cada fruto, para la pulpa en cuatro lados de un disco de la parte central del fruto. Los datos obtenidos se reportaron como ángulo Hue ($\tan^{-1} b/a$) y Chroma $(a^2 + b^2)^{1/2}$.

3.7 Diseño experimental

Los datos generados de las dos fases experimentales, se analizaron mediante un diseño completamente al azar, en donde se realizó un análisis de varianza y comparación de medias por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) a través del paquete estadístico SAS System® v. 9.1. La efectividad de los fungicidas se calculo mediante la fórmula de Abbott (1925):

$$ET = \frac{RT - rt}{RT} \times 100$$

En donde:

ET= eficacia del tratamiento

RT= diámetro en cm del crecimiento micelar en el testigo (PDA)

rt= diámetro en cm de cada tratamiento (PDA + fungicidas).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase I

4.1 Evaluación *in vitro* de fungicidas sobre la germinación y crecimiento micelial de *C. gloeosporioides*

4.1.1 Germinación de *C. gloeosporioides*

La germinación de *C. gloeosporioides* muestra una reducción significativa en los tratamientos con fungicidas respecto al testigo, a 8 h de observación (Cuadro 1). A las 4 h el testigo mostraba el 12 % de germinación (Fig. 1a), en tanto que, en los tratamientos con fungicidas ninguno presentaba germinación; a las 8 h el tratamiento testigo tenía 68 % de conidios germinados (Fig. 1b), prochloraz y thiabendazol con 34-42.7 %, azoxystrobin, trifloxystrobin tuvieron 2.7-12.0 %. 12 h de iniciar el conteo, no existía diferencia significativa entre el tratamiento testigo (Fig. 1c) y los tratamientos con prochloraz, trifloxystrobin y thiabendazol. A las 24 h los tratamientos con mayor germinación fueron prochloraz, trifloxystrobin y thiabendazol con 61.3-77.3 %, sin diferencia significativa con el testigo (Fig. 1d), seguidos de azoxystrobin con 29.3-32.7%; los tratamientos con pyraclostrobin no presentaron germinación durante el tiempo de observación (Cuadro 1).

El alto porcentaje de germinación de prochloraz, se debe al mecanismo de acción de este fungicida ya que tiene poco efecto sobre la germinación de conidios, no evitando su germinación, ni la formación del tubo germinativo en las primeras etapas, ya que inhibe de la síntesis de ergosterol, compuesto importante para dar estructura y permeabilidad a las membranas celulares de

hongos (Fig. 2a), (Laignelet *et al.*, 1989, Scheipflug and Kuck, 1987; Köller y Scheinpflug, 1987). Kososki *et al.*, (2001) menciona que en ensayos de germinación utilizando prochloraz, se obtuvo un 40 % en *Colletotrichum acutatum*.

En relación a las estrobilurinas, el pyraclostrobin fue el único fungicida que presentó 0 % de germinación de esporas, el azoxystrobin logró inhibir el 70 %, en tanto que el trifloxystrobin fue el que presentó mayor germinación, sin existir diferencia significativa con el tratamiento testigo. El mecanismo de acción de estos grupo de fungicidas, es inhibir la respiración mitocondrial, bloqueado la transferencia de electrones entre el citocromo b y el citocromo c₁, con lo cual, se provoca una deficiencia en la producción de energía en las células del hongo, deteniéndose la producción de ATP y provocando la muerte del patógeno; no obstante, los fungicidas utilizados corresponden a diferente clase química, con características específica cada uno de ellos; aunado a ello, la existencia una ruta alterna en el proceso de la respiración explica la falta de control total en la germinación de conidios por parte del trifloxystrobin y del azoxystrobin (Bartlett *et al.*, 2002). Al respecto Ziogas *et al.*, (1997) mencionan que azoxystrobin ha presentado resistencia en algunos países debido la existencia de una ruta respiratoria alternativa.

Aunque el Thiabendazol actúan en el proceso de mitosis y meiosis, no evita la germinación de conidios, sin embargo estos presentan deformaciones (Fig. 2b) (Gutierrez-Alonso *et al.*, (2003)).

4.1.2 Control del crecimiento micelial de *C. gloeosporioides*

En la figura 3 se muestra el crecimiento micelial *in vitro* de *C. gloeosporioides* bajo diferentes tratamientos químicos; donde se observa la formación de tres grupos en el crecimiento del hongo; el primero formado por el tratamiento testigo, que presentó la velocidad de crecimiento mayor durante los 12 días de evaluación, alcanzando 7.2 cm diámetro; el segundo grupo formado por trifloxystrobin (500, 250, 50 mg L⁻¹) y azoxystrobin (50 mg L⁻¹), en donde el crecimiento del hongo fue continuo durante todo el tiempo de evaluación, alcanzando a los 12 días 4-5.3 cm; el tercer grupo con prochloraz, pyraclostrobin, thiabendazol y azoxystrobin a 500, 250 mg L⁻¹; con una tasa de crecimiento continua, con excepción de thiabendazol que inició el crecimiento micelial a partir del séptimo día de observación; los tratamientos con prochloraz no mostraron crecimiento del micelio durante los 12 días para ninguna de las concentraciones evaluadas.

En el cuadro 2, se muestran los resultados obtenidos en el control *in vitro* de *C. gloeosporioides* durante 12 días; y que de acuerdo al análisis estadístico, los tratamientos evaluados presentaron una reducción significativa ($P \leq 0.05$) con respecto al tratamiento testigo, en la severidad ocasionada por el hongo.

Prochloraz presentó un 100 % de eficiencia en el control del crecimiento micelial, no observándose ningún crecimiento del hongo durante el periodo de evaluación (Fig. 4a).

En lo que respecta a las estrobilurinas, pyraclostrobin, no tuvo diferencias significativa entre las concentraciones evaluadas y su efectividad fue de 82.2-84.3 % (Fig. 4c), seguido de azoxystrobin, con diferencias significativas para las concentraciones, con respecto a la severidad del crecimiento del hongo, a 500 y 250 mg L⁻¹ tuvieron una efectividad de 88 y 75.9 %, mientras que a 50 mg L⁻¹ fue de 41.2 % (Fig. 4d). Trifloxystrobin (500, 250 mg L⁻¹) no presentó diferencias significativas en la severidad del crecimiento, con una efectividad 44.7 y 39.5 %; siendo a 50 mg L⁻¹ la menor efectividad de todos los tratamientos evaluados, esto es, 26.67 % (Fig. 4e). Se considera que pyraclostrobin (500, 250, 50 mg L⁻¹), así como los de azoxystrobin (500, 250 mg L⁻¹) resultaron efectivos en el control de crecimiento micelial de *C. gloeosporioides*, mientras que los tratamientos con trifloxystrobin (500, 250, 50 mg L⁻¹) y azoxystrobin (50 mg L⁻¹) fueron poco efectivos. Los tratamientos con thiabendazol presentaron una efectividad en el control de crecimiento micelial de 85.7-91.6 % (Fig. 4b).

Macedo *et al.*, (2005), mencionan que el uso de prochloraz, inhibió el crecimiento micelial de *C. gloeosporioides* en evaluaciones *in vitro*, obteniéndose un alto control del patógeno. De igual forma Ker-Chung (2001), menciona una

alta eficacia de prochloraz en el control de *C. gloeosporioides in vitro*. Kososki *et al.*, (2001), señalan que el prochloraz fue el fungicida más eficiente para inhibir el crecimiento micelial de *C. acutatum in vitro*. Everett *et al.*, (2005), obtuvieron resultados eficientes en el control de crecimiento micelial de *C. gloeosporioides*, *C. acutatum*, *B. dothidea* y *Phomopsis*, usando prochloraz en concentraciones de 0.20-0.36 mg/ml.

Pasche *et al.*, (2004) reportan que pyraclostrobin y azoxystrobin tuvieron un control similar sobre *A. solani*, y que el control fue significativamente superior al presentado por trifloxystrobin, atribuyéndolo a la clase química, es decir, metoxi-acrilato y metoxi-carbamato, para azoxystrobin y pyraclostrobin, y oximino-acetatos para trifloxystrobin. Sundravadana (2007), hace mención que en evaluaciones *in vitro* azoxystrobin redujo significativamente el crecimiento micelial de *C. gloeosporioides*; por su parte Macedo *et al.*, (2005) hacen referencia que azoxystrobin tuvo una alta eficiencia en el control del *C. gloeosporioides*; así mismo, en evaluaciones *in vitro* utilizando azoxystrobin se demostró que cepas de *P. digitatum* fueron sensibles a este fungicida (Kanetis *et al.*, 2007). Everett *et al.*, (2005) indican que trifloxystrobin fue moderadamente efectivo en inhibir el crecimiento micelial de *C. gloeosporioides*, de igual forma para *B. parva*, *B. dothidea*, *Phomopsis sp.* Muchos hongos patógenos responden a los fungicidas QoI a través de una vía alterna de respiración, evitando la ruta del transporte de electrones, que son el sitio blanco

de los fungicidas QoI, por lo que se explica la baja sensibilidad en el control del crecimiento micelial (Mondal *et al.*, 2005).

4.2 Evaluación de fungicidas y tratamiento hidrotérmico en el control de la antracnosis en papaya “Maradol”

En el cuadro 3 y figura 5, se muestran los resultados de los tratamientos en el control de la antracnosis, en donde los frutos tratados con prochloraz, pyraclostrobin, thiabendazol a las dos concentraciones evaluadas y azoxystrobin a 500 mg L⁻¹, redujeron significativamente ($P \leq 0.05$) la severidad de la enfermedad ocasionado por el aislamiento de *Colletotrichum gloeosporioides*, inoculado en frutos de papaya cv. Maradol y bajo condiciones de laboratorio, esto con respecto al testigo, no así para los tratamientos con trifloxystrobin y azoxystrobin a 250 mg L⁻¹.

Prochloraz a 500, 250 mg L⁻¹ no tuvo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la severidad de la antracnosis; presentó el menor % de incidencia, y una efectividad de 85.5 y 92.8 % en el control de la enfermedad. La eficiencia de prochloraz en el control de *C. gloeosporioides*, ha sido comprobada por Nery-Silva *et al.*, (2001), en inoculaciones artificiales en papaya, en donde no encontró diferencias significativas entre las dosis utilizadas (250, 350 mg de ia/L) lo que sugiere el uso de dosis a concentraciones bajas. Prochloraz ha sido eficiente en el control de *C. gloeosporioides* en cultivos como: mango, banano, aguacate, así como en *C. acutatum* en fresa (Espinosa-Ortega, 2003; Ker-

Chung, 2001; Bello-Rivera, 2002; Kososkie *et al.*, 2001; Freeman, 1997). Este fungicida, ha sido usado en aplicaciones en campo en Taiwan aproximadamente durante 20 años, y la resistencia de *C. gloeosporioides*, escasamente ha sido reportada (Ker-Chung, 2001). No obstante, es importante considerar que el sobre uso de fungicidas es una práctica no adecuada.

Las pruebas *in vitro* dan un indicativo de los fungicidas que pueden ser efectivos en el control de las enfermedades, sin embargo, estas pueden no concordar con pruebas realizadas *in vivo*; debido a que hay otros factores involucrados cuando se utiliza material vegetal (Everett *et al.*, 2005; Mondal *et al.*, 2005; Damicone, 2000). Como sucedió en este estudio, debido a que el grupo de las estrobilurinas, solamente pyraclostrobin a 500 mg L⁻¹ se considera efectivo para el control de la enfermedad, con 81.8 % de efectividad; este producto ha demostrado su eficiencia en el control de patógenos poscosecha como: *Colletotrichum acutatum*, *Botrytis cinerea* y *Rhizopus stolonifer* en fresa, (Sallato *et al.*; 2007; Turechek *et al.*, 2006).

En cuanto a pyraclostrobin a 250 mg L⁻¹ tuvo una efectividad de 45.7 %; para azoxystrobin, la incidencia fue alta, esto es, de 97.5 y 85 %, siendo su efectividad 52.3 y 36.6 %. Tryfloxistrobin presentó la menor efectividad de los tratamientos evaluados, es decir de 35 %; cuya severidad no fue significativamente diferente al testigo. El nivel de control para estos tratamientos, comercialmente, se considera como no aceptable (Rebollar-Alviter

et al., 2007). La baja efectividad en el control de la enfermedad, por parte de estos fungicidas, pudo deberse a que se utilizaron de manera curativa, post la inoculación del patógeno, por lo que su efectividad se vio reducida. Ritenour *et al.*, (2004), demostró que aplicaciones precosecha de pyraclostrobin redujeren la incidencia de enfermedades en cítricos cuando se evaluaron en poscosecha. Así mismo, aplicaciones preventivas de azoxystrobin redujo la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en frutos de mandarina en poscosecha (Zhang y Timmer, 2007). En cítricos, aplicaciones de azoxystrobin antes de la inoculación con *Diaporthe citri*, redujo considerablemente la enfermedad; sin embargo se obtuvo un control poco efectivo cuando las aplicaciones del producto se realizaron posterior a la inoculación con el patógeno (Bushong y Timmer, 2000). Azoxystrobin proporcionó un 100 % en el control de *Plasmopara viticola* cuando este se aplicó antes de inocular al hongo, en aplicaciones posteriores a la infección, se obtuvo poco efecto en controlar la incidencia de la enfermedad (Wong y Wilcox, 2001).

Rebollar-Alviter *et al.*, (2007), hace mención que pyraclostrobin y azoxystrobin, fueron efectivos, cuando estos se utilizaron 13 h después de la inoculación con *Phytophthora cactorum*; mientras que la aplicación de los productos a 24, 36, 48 h después de inoculado, presentaron una alta incidencia de la enfermedad, en base a esto, los fungicidas pudieron no ser efectivos en el control de la enfermedad, ya que la inmersión en fungicidas, se dio a las 24 h de inoculado el patógeno.

Thiabendazol a 500 y 250 mg L⁻¹ tuvo una efectividad en el control de la enfermedad de 41.4 y 50.0 %, y una incidencia de 72 y 100%, la poca efectividad en el control del patógeno por parte de este fungicida ha sido reportada en diversas ocasiones (Vilela *et al.*, 2004; Nery-Silva *et al.*, 2001; Gutiérrez-Alonso, 2001; De Lapeyre, 1997; Spanding, 1982).

Los tratamientos descritos, no fueron eficientes en el control de *C. gloeosporioides*, además se observó que los frutos evaluados bajo estos tratamientos tuvieron presencia de antracnosis en otros puntos que no fueron en donde se realizó la inoculación del hongo, cual fue notorio en la aparición de síntomas de antracnosis a medida que el fruto maduraba.

Droby (2000), sugiere que la aplicación de fungicidas postcosecha debe realizarse con algunas estrategias de control, como es el uso del tratamiento hidrotérmico, esto para evitar el desarrollo de resistencia de patógenos.

En lo que respecta al tratamiento térmico (Cuadro 3 y Fig. 5f) tuvo una efectividad de 57.8 % aunque baja, resultado más alta a la de los frutos tratados con pyraclstrobin a 250 mg L⁻¹, azoxystrobin, trifloxystrobin y thiabendazol. El tratamiento térmico ha resultado útil en el control de hongos fitopatógenos, ya que las esporas de los mismos se encuentran en forma latente a nivel superficial o entre las primeras capas de células por debajo de la piel de los

frutos; así mismo, el efecto directo del calor reduce la viabilidad de los hongos, así como su capacidad de infección (Cabrera-Domínguez, 1998; Fallik *et al.*, 1995; Shellie y Mangan, 1994). La aplicación de tratamientos térmicos han resultado eficientes en el control de *Colletotrichum musae*, (Moraes *et al.*, 2005; Sponholz *et al.*, 2004), *Monilinia fructicola* (Margosan *et al.*, 1997), *Penicillium expansum* (Hongyin *et al.*, 2008; Fallik *et al.*, 1995), *Chalara paradoxa* (Wilson *et al.*, 2005), *Botrytis cinerea* (Karabulut *et al.*, 2004).

Cuadro 1. Germinación de *C. gloeosporioides* en medio PDA, bajo condiciones de laboratorio.

Tratamiento	Germinación (%)					
	4h	6 h	8h	10 h	12 h	24 h
Prochloraz 500 mg L ⁻¹	0 b *	5.3 cb	34 bc	56.7 ab	62 a	65.3 a
Prochloraz 250 mg L ⁻¹	0 b	10.7bc	34.7 bc	66 ab	66.7 a	68 a
Trifloxystrobin 500 mg L ⁻¹	0 b	0 c	2.7 d	39.3 bc	57.3 abc	61.3 abc
Trifloxystrobin 250 mg L ⁻¹	0 b	8 cb	12 cd	57.3 ab	60.7 ab	66 a
Azoxystrobin 500 mg L ⁻¹	0 b	0 c	12 cd	19.3 cd	26.7cd	29.3 cd
Azoxystrobin 250 mg L ⁻¹	0 b	3.3 c	6 d	23.3 cd	28 bcd	32.7 bc
Pyraclostrobin 500 mg L ⁻¹	0 b	0 c	0 d	0 d	0 d	0 d
Pyraclostrobin 250 mg L ⁻¹	0 b	0 c	0 d	0 d	0 d	0 d
Thiabendazol 500 mg L ⁻¹	0 b	8.7 bc	42.7 b	60.7 ab	67.3 a	64.7 ab
Thiabendazol 250 mg L ⁻¹	0 b	16.7 b	36.7 b	58 ab	63.3 a	77.3 a
Testigo	12 a	56 a	68 a	74 a	75.3 a	78.7 a
DMS	3.1	11.9	24.1	31.3	32.9	32.2

* Valores con la misma letra no son significativamente diferentes en la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). DMS: Diferencia Mínima Significativa

Cuadro 2. Severidad y efectividad *in vitro* en el control del crecimiento micelial de *C. gloeosporioides* durante 12 días de observación.

Tratamiento	Incidencia (%)	Severidad * (diam. de lesión, mm)	Efectividad (%)
Prochloraz 250 mg L ⁻¹	5	1.00 e	92.75
Prochloraz 500 mg L ⁻¹	20	2.00 de	85.50
Pyraclostrobin 500 mg L ⁻¹	30	2.50 cde	81.88
Trat. Termico: 53 °C/ 3 min	50	5.83 bcde	57.75
Azoxystrobin 500 mg L ⁻¹	97.5	6.58 bcd	52.32
Thiabendazol 250 mg L ⁻¹	100	6.90 bcd	50.00
Pyraclostrobin 250 mg L ⁻¹	85	7.50 bc	45.65
Thiabendazol 500 mg L ⁻¹	72.5	8.08 b	41.45
Azoxystrobin 250 mg L ⁻¹	85	8.75 ab	36.60
Trifloxystrobin 250 mg L ⁻¹	95	8.90 ab	35.50
Trifloxystrobin 500 mg L ⁻¹	65	8.93 ab	35.29
Testigo	100	13.8 a	1)
DMS		5.0623	

1) Sin valor, debido a la naturaleza de la formula Abbott.

* Valores con la misma letra no son significativamente diferentes en la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). DMS: Diferencia Mínima Significativa

Cuadro 3. Incidencia, severidad y efectividad el control de la antracnosis de papayas “Maradol”, tratadas con fungicidas y tratamiento hidrotérmico, 8 ddt.

Tratamiento	Severidad (diámetro de lesión, cm)	Efectividad (%)
Prochloraz 500 mg L ⁻¹	0.00 g *	100.00 %
Prochloraz 250 mg L ⁻¹	0.00 g	100.00 %
Prochloraz 50 mg L ⁻¹	0.00 g	100.00 %
Thiabendazol 500 mg L ⁻¹	0.60 f g	91.66 %
Thiabendazol 250 mg L ⁻¹	0.80 e f	88.89 %
Azoxystrobin 500 mg L ⁻¹	0.86 e f	88.06 %
Thiabendazol 50 mg L ⁻¹	1.03 e f	85.69 %
Pyraclostrobin 250 mg L ⁻¹	1.13 d e f	84.31 %
Pyraclostrobin 500 mg L ⁻¹	1.25 d e	82.64 %
Pyraclostrobin 50 mg L ⁻¹	1.28 d e	82.22 %
Azoxystrobin 250 mg L ⁻¹	1.73 d	75.97 %
Trifloxystrobin 500 mg L ⁻¹	3.98 c	44.72 %
Azoxystrobin 50 mg L ⁻¹	4.23 c	41.25 %
Trifloxystrobin 250 mg L ⁻¹	4.35 c	39.58 %
Trifloxystrobin 50 mg L ⁻¹	5.28 b	26.67 %
Testigo	7.20 a	1)
DMS	0.6097	

1) Sin valor, debido a la naturaleza de la formula Abbott.

* Valores con la misma letra no son significativamente diferentes en la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). DMS: Diferencia Mínima Significativa



Figura 1. Germinación de *C. gloeosporioides* en PDA, bajo condiciones de laboratorio. a) 4 hr, b) 8 hr, c) 12 hr, d) 24 hr.

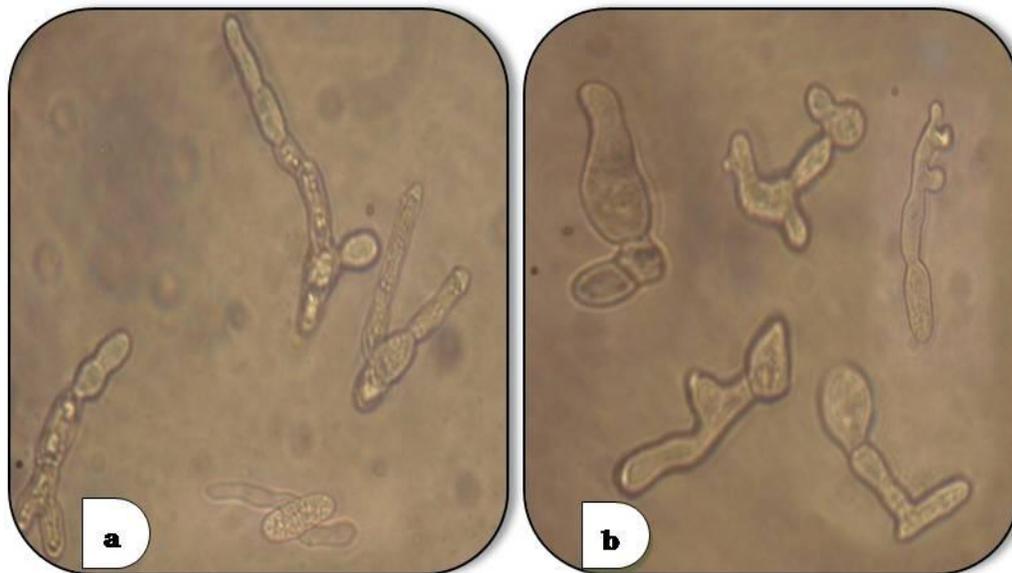


Figura 2. Germinación de conidios de *C. gloeosporioides* en a) PDA + prochloraz a 250 mg L⁻¹, b) PDA + thiabendazol a 250 mg L⁻¹, bajo condiciones de laboratorio.

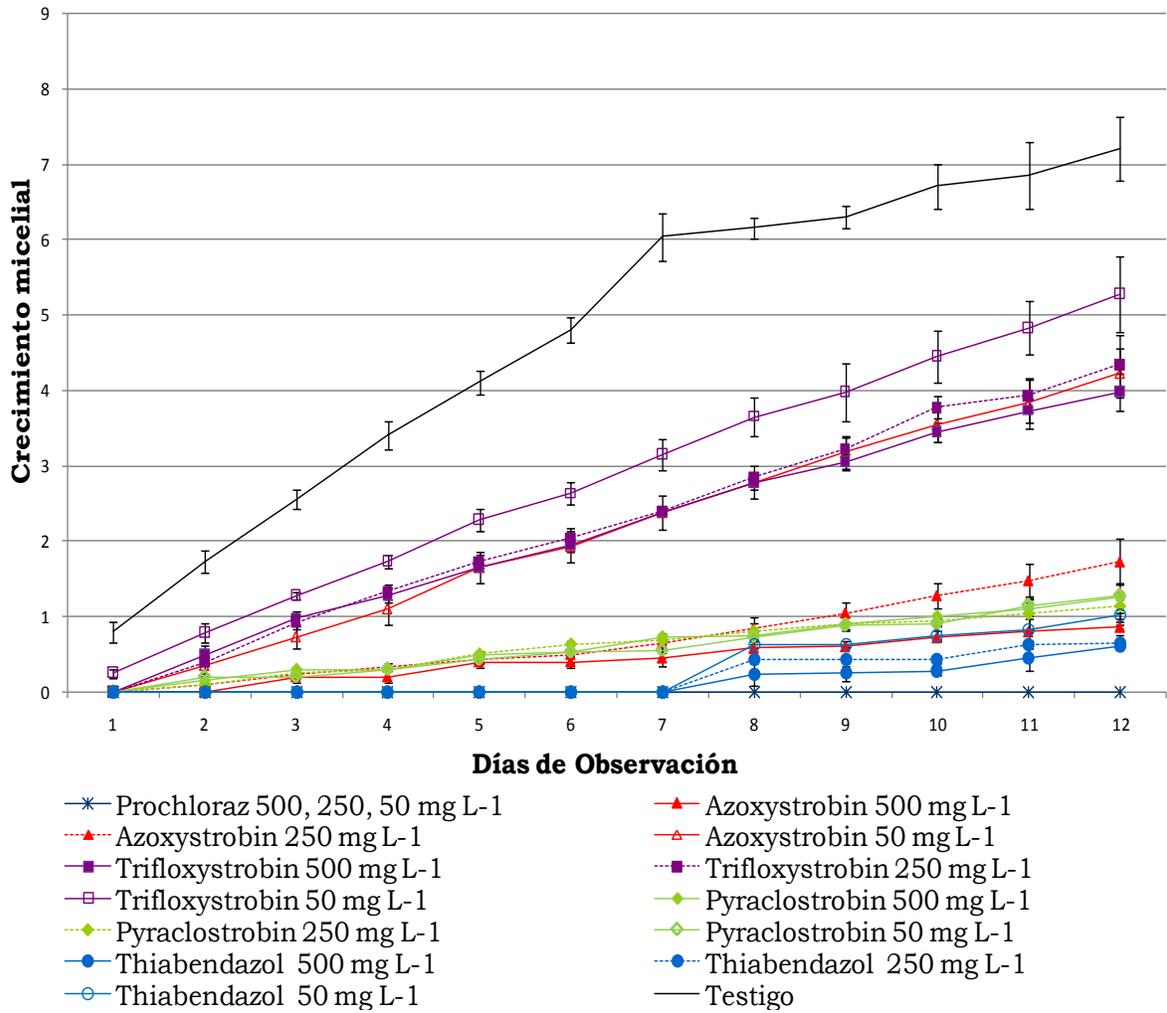


Figura 3. Crecimiento micelial *in vitro* de *C. gloeosporioides* tratado con fungicidas a 500, 250 y 50 mg L⁻¹.

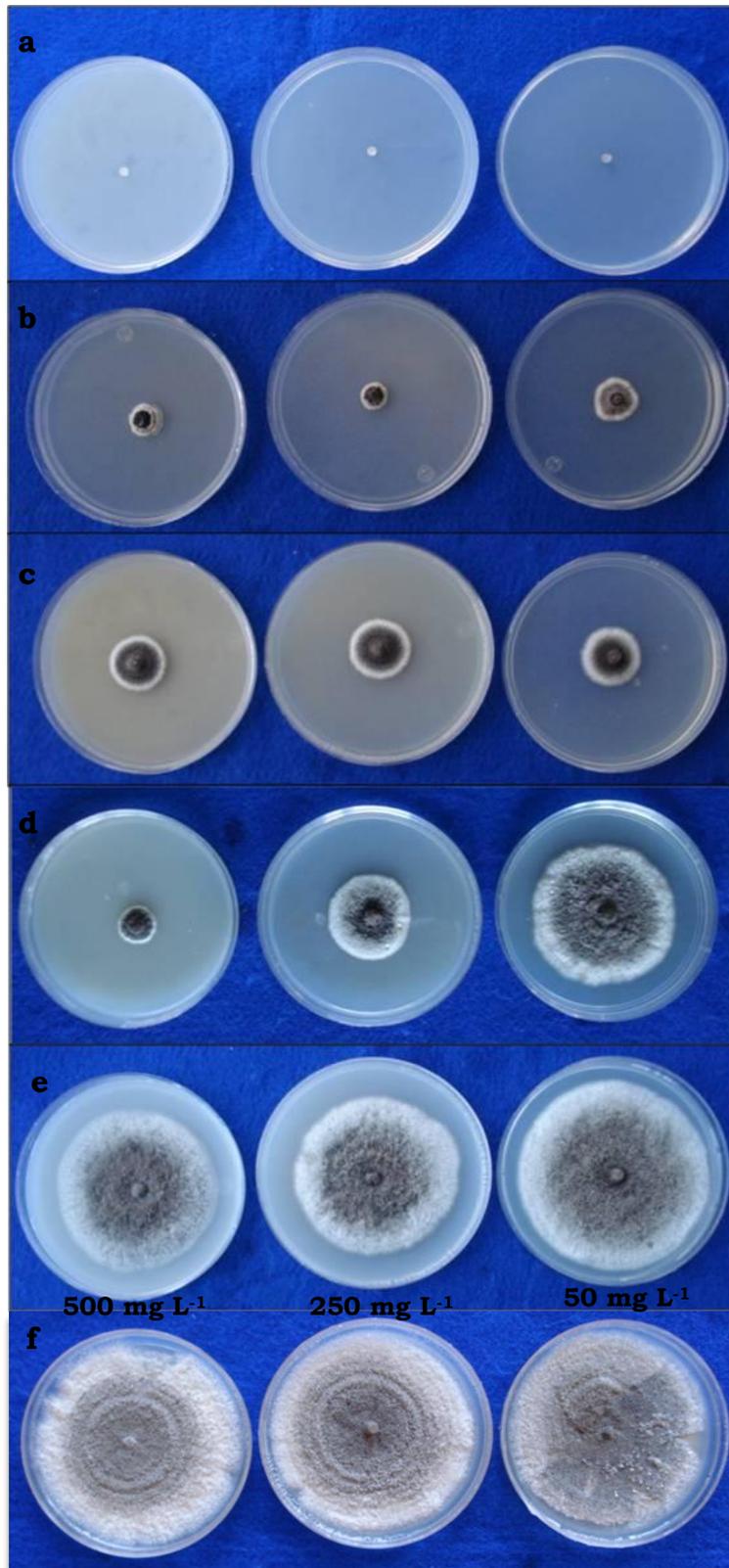


Figura 4. Inhibición del crecimiento micelial de *C. gloeosporioides* en PDA por a) Prochloraz b) Thiabendazol c) Pyraclostrobin d) Azoxyrobin e) Trifloxystrobin, f) Testigo, durante 12 días n= 4

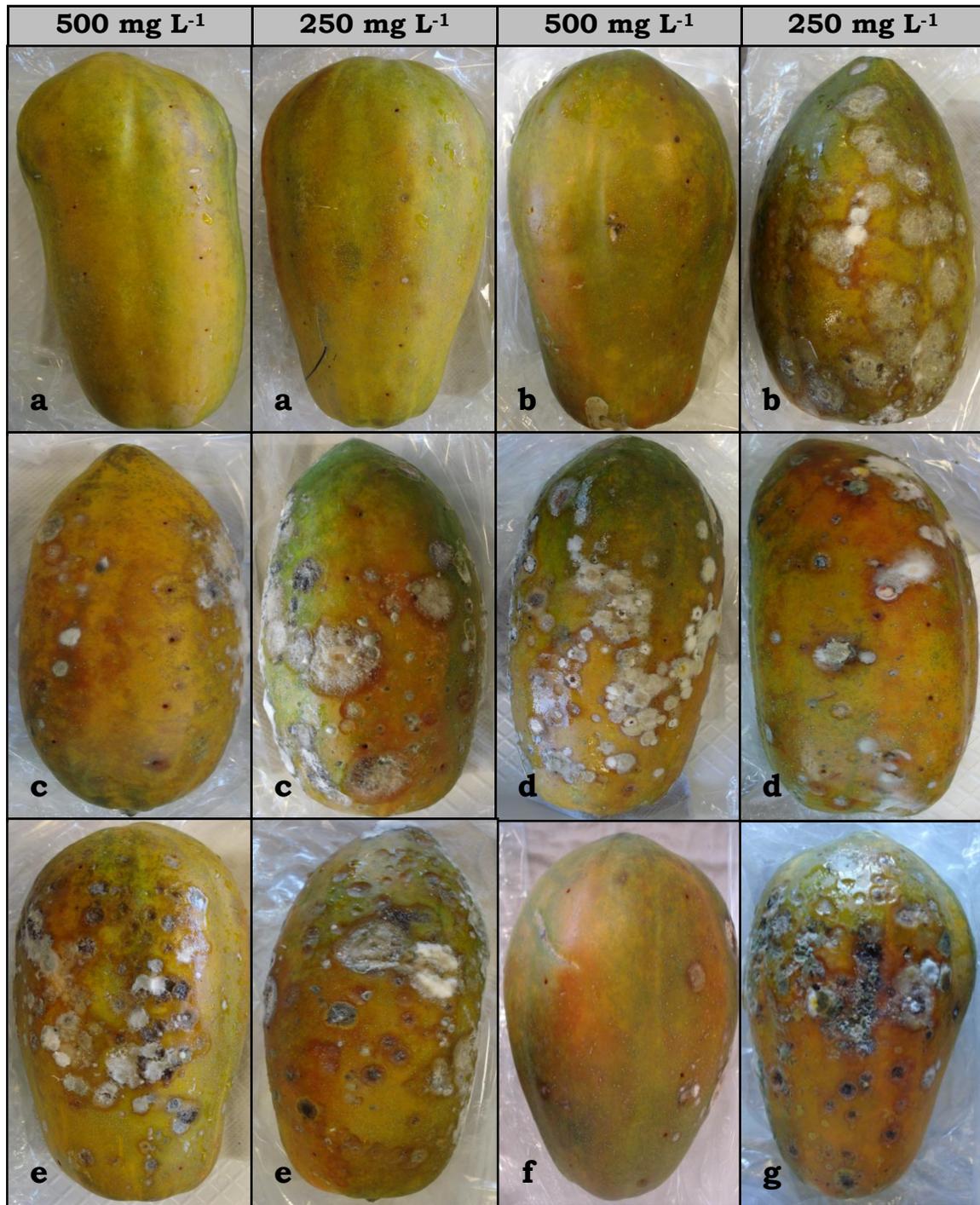


Figura 5. Papayas “Maradol” inoculadas con *C. gloeosporioides* y tratadas con dosis de (500 y 250 mg L⁻¹) con los fungicidas a) Prochloraz; b) Pyraclostrobin; c) Azoxystrobin; d) Thiabendazol; e) Trifloxystrobin; f) Tratamiento hidrotérmico; g) Testigo. 8 ddt. n=4

Fase II

4.3 Efectividad de pyroclostrobin, prochloraz y tratamiento hidrotérmico en el control de la antracnosis en frutos con dos índices de cosecha

Los frutos evaluados únicamente con TH durante 8 ddt, mostraron un mayor porcentaje de incidencia, lo que indica un mayor número de heridas infectadas con el hongo, así como un diámetro mayor en la lesión, reduciendo la efectividad del tratamiento, principalmente para los frutos con IC2 (Cuadro 4 y Fig. 6); según Fallik, (2004) la respuesta a los tratamientos térmicos pueden variar debido a diferentes factores principalmente el estado de maduración ya que por el aumento en la temperatura el proceso de maduración se acelera (Mitcham y McDonald, 1993; Klein y Lurie, 1990). La combinación de TH + IC1 resulto efectiva, no obstante en un menor porcentaje de control al que se obtuvo cuando se combinó con fungicidas. Droby (2000), sugiere que la aplicación de fungicidas postcosecha debe realizarse con algunas estrategias de control, como es el uso del tratamiento hidrotérmico, esto para evitar el desarrollo de resistencia de patógenos. Los frutos sometidos a fungicidas solos o en combinación con TH + IC1 o IC2, no presentaron diferencias significativas con respecto a la severidad de la lesión, con un rango de efectividad en el control de la enfermedad de 96.5-100 % (Cuadro 4); por lo que la combinación de factores físicos, químicos y fisiológicos resultó efectiva.

A los 10 ddt se mantuvo la efectividad, cuando se aplicó el tratamiento hidrotérmico solo, hubo 76.3 % que cuando se utilizaron frutos con IC1; los

frutos inoculados con un menor estado de maduración, presentan mecanismos de resistencia al ataque de patógenos, entre ellos la presencia de compuestos antifúngicos; el incremento de la susceptibilidad a *C. gloeosporioides* es el resultado de una disminución en la concentración de estos compuestos cuando el fruto ha madurado (Domergue *et al.*, 2000; Beno-Moualem y Prusky 2000; Prusky y Keen, 1993; Prusky *et al.*, 1982), por lo que los frutos con IC2 presentaron una menor eficiencia, esto es 54.1 % con una incidencia de 78 % y lesiones de 21.2 mm, en donde los frutos ya se encontraban en un estado avanzado de infección; así mismo, los frutos utilizados como testigo se encontraban en un estado alto de infección por el hongo, lo que ocasionó el desecho de los mismos (Cuadro 4 y Fig. 7k, l). Cuando se utilizaron los fungicidas solos o en combinación con TH, + IC1 ó IC2, presentaron un rango de efectividad de 89.5-100 %, los tratamientos con fungicidas + TH + IC1, tuvieron una vida de anaquel de 16 días, en donde los frutos mostraban un mínimo de infección, los tratamientos que presentaron incidencias de 5-36 %, tuvieron una vida de anaquel de 12 a 13 días.

Cuadro 4. Incidencia, severidad y efectividad en el control de antracnosis en frutos de papaya “Maradol” con dos índices de cosecha y bajo tratamientos químicos y tratamiento hidrotérmico

Tratamiento	8 DDT			10 DDT		
	Incidencia (%)	Severidad (diam. de lesión, mm)	Efectividad (%)	Incidencia (%)	Severidad (diam. de lesión, mm)	Efectividad (%)
Pr+IC1	0	0 d *	100	0	0 d *	100
TH+Pr+IC1	0	0 d	100	0	0 d	100
TH+Py+IC1	0	0 d	100	0	0 d	100
TH+Pr+IC2	0	0 d	100	0	0 d	100
Py+IC2	0	0 d	100	5	0.22 d	99.52
TH+Py+IC2	8	0.42 d	98.77	14	1.90 d	95.89
Pr+IC2	6	0.50 d	98.53	36	4.86 d	89.49
Py+IC1	6	0.68 d	96.53	16	3.36 d	90.19
TH+IC1	42	4.38 d	77.63	48	8.10 d	76.36
TH+IC2	72	12.66 c	62.85	78	21.20 c	54.17
IC1	100	19.58 b	1)	100	34.26 b	1)
IC2	100	34.08 a	1)	100	46.26 a	1)
DMS		6.6227			8.8442	

1) Sin valor, debido a la naturaleza de la formula Abbott.

* Valores con la misma letra no son significativamente diferentes en la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). DMS: Diferencia Mínima Significativa. Pr: Prochloraz, Py: Pyclostrobin, IC1: frutos con $\frac{1}{4}$ de coloración, IC2: frutos con $\frac{3}{4}$ de coloración, TH: tratamiento hidrotérmico



Figura 6. Papayas "Maradol" inoculadas con *C. gloeosporioides* y tratadas con a)Pr+IC1, b)Py+IC1, c)Pr+IC2, d)Py+IC2, e)TH+Pr+IC1, f)TH+Py+IC1, g)TH+Pr+IC2, h)TH+Py+IC2, i)TH+IC1, j)TH+IC2, k)IC1, l)IC2. 8 ddt. n=4

Pr: prochloraz, Py: pyroclostrobin, IC1: frutos con $\frac{1}{4}$ de coloración, IC2: frutos con $\frac{3}{4}$ de coloración, TH: tratamiento hidrotérmico



Figura 7. Papayas "Maradol" inoculadas con *C. gloeosporioides* y tratadas con a)Pr+IC1, b)Py+IC1, c)Pr+IC2, d)Py+IC2, e)TH+Pr+IC1, f)TH+Py+IC1, g)TH+Pr+IC2, h)TH+Py+IC2, i)TH+IC1, j)TH+IC2, k)IC1, l)IC2. 10 ddt. n=4

Pr: prochloraz, Py: pyroclostrobin, IC1: frutos con $\frac{1}{4}$ de coloración, IC2: frutos con $\frac{3}{4}$ de coloración, TH: tratamiento hidrotérmico

4.4 Efecto del tratamiento hidrotérmico sobre la calidad de frutos de papaya “Maradol”

4.4.1 Firmeza

Durante el almacenamiento, firmeza de los frutos disminuyó (Figura 8), indicio del proceso de maduración (Bron y Jacomino, 2006; Zainon *et al.*, 2004; Manrique y Lajolo, 2004). Los frutos sin TH tuvieron una reducción de la firmeza a los seis días, indicando un proceso de maduración normal (Bron y Jacomino, 2006); mientras que los frutos sometidos a TH se presentó a los 4 ddt, una pérdida del 85 %, esto debido, a la activación de enzimas hidrolíticas que alteran la pared celular (Lazan *et al.*, 2004; Jeong *et al.*, 2002; Abu-Sarra, 1992; Abu-Goukh, 2003;) de acuerdo a los resultados obtenidos, respecto a la efectividad de los tratamientos evaluados para el control de *C. gloeosporioides*, los frutos tratados con la combinación de TH + IC1 a los 4 ddt mostraban un eficiente control de la enfermedad, del 97 % (dato no mostrado), sin embargo, en este periodo la firmeza presentaba una reducción considerable; de acuerdo a Zainon *et al.*, (2004), la firmeza es un atributo importante de calidad de los productos hortofrutícolas, y la pérdida de ésta durante la maduración puede influir sobre la calidad de los mismos.

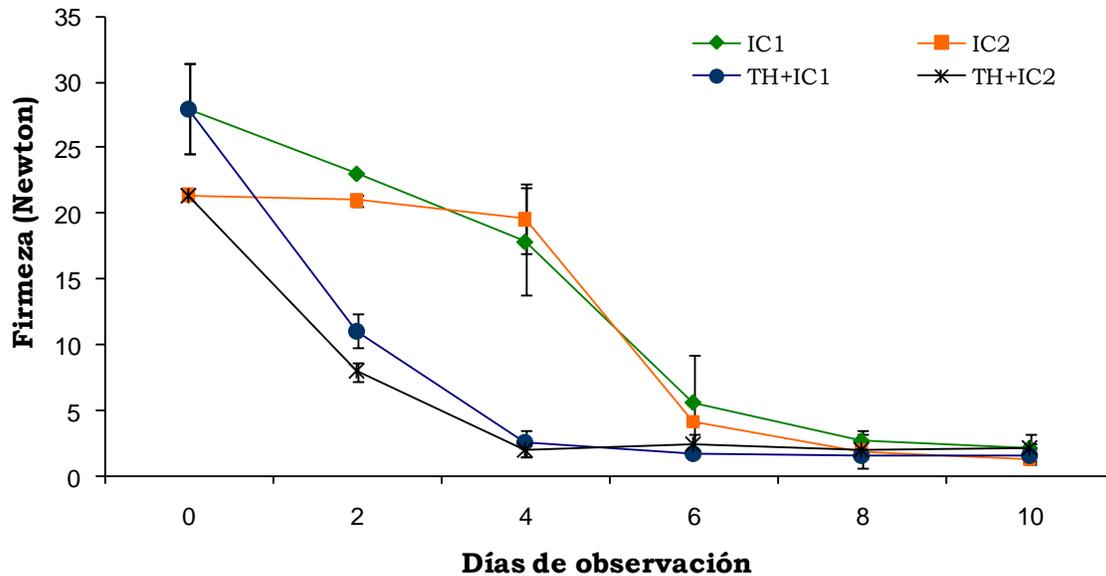


Figura 8. Firmeza de la pulpa de frutos de papaya con y sin hidrotatamiento hidrotérmico. n=3. \pm error estándar. IC1: frutos con $\frac{1}{4}$ de coloración, IC2: frutos con $\frac{3}{4}$ de coloración, TH: tratamiento hidrotérmico

4.4.2 Sólidos solubles totales

Independiente del estado de madurez con que se cosecharon las papayas, el contenido de SST no se vio afectado durante la maduración, existiendo un aumento gradual de los sólidos solubles. Según Selvaraj *et al.*, (1982) los de papaya tienen bajo contenido de almidón para ser hidrolizado durante la maduración, además de que la acumulación de azúcares en la pulpa se da por la translocación de carbohidratos de la planta al fruto, por lo que los cambios ocurridos durante postcosecha son pequeños, esto debido a que los frutos al inicio del periodo de almacenamiento tenían 6.5 y 7.7 ° Brix, después de este periodo alcanzaron 9.4 y 10.4 ° Brix, considerando entonces que este incremento en cuanto a sólidos solubles fue normal. En lo que respecta a los frutos con TH, se observó que a los dos días existió un incremento debido a que

la temperatura afectó las paredes celulares, provocando un aumento de material cuantificado como SST, según Zainon *et al.*, (2004) un incremento de pectinas solubles están acompañada de la pérdida de firmeza; por lo que los frutos con TH a los dos ddt presentaban una pérdida en la firmeza de 57 %. El metabolismo de los frutos se vio afectado por el tratamiento hidrotérmico, esto para cuando se aplico en frutos con IC1, los cuales no aumentaron los sólidos solubles durante el tiempo de almacenamiento, presentando 7.63 ° Bx a los 10 ddt, por lo que la temperatura afecto el desarrollo de SST en los frutos sometidos a este tratamiento (Figura 9).

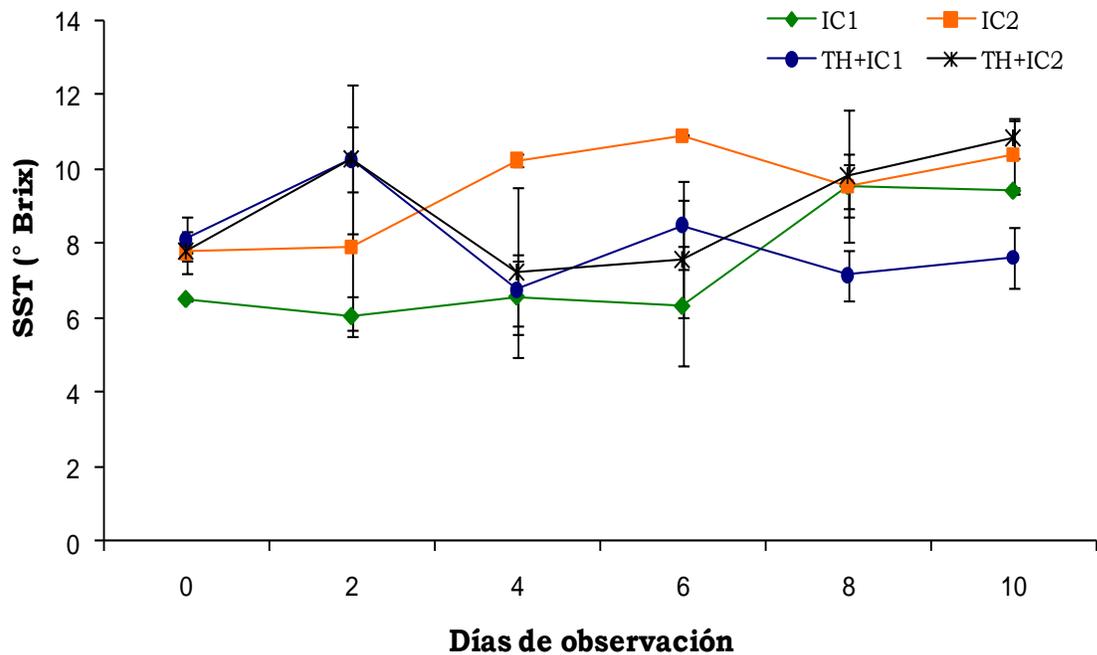


Figura 9. Sólidos solubles totales de frutos de papaya con y sin tratamiento hidrotérmico. n=3. ± error estándar. IC1: frutos con ¼ de coloración, IC2: frutos con ¾ de coloración, TH: tratamiento hidrotérmico

4.4.3 Acidez titulable

De acuerdo a los resultados obtenidos la acidez titulable expresado como ácido cítrico, a los 10 ddt no estuvo influenciada por los índices de cosecha evaluados, así como por el tratamiento hidrotérmico, todo vez que no presentaron diferencias estadísticas entre ellos; mostrando a los 10 días de almacenamiento 0.10 % de ácido cítrico (Figura 10). Valores similares fueron reportados en papaya, los cuales se consideran bajos si se comparada con otros frutos (Bron y Jacomino, 2006; Pal *et al.*, 1980). La acidez tendió a disminuir, debido a los cambios normales que sufren los frutos durante su proceso de maduración (Azevedo, et al., 2007; Ghanta, 1994; Paull 1993; Selvaraj *et al.*, 1982; Wills *et al.*, 1981). Wilson *et al.*, (2005), encontró que en frutos de piña tratados térmicamente a 54°C por 3 min, no existió diferencia significativa entre los frutos de piña y el control en cuanto al parámetro de acidez.

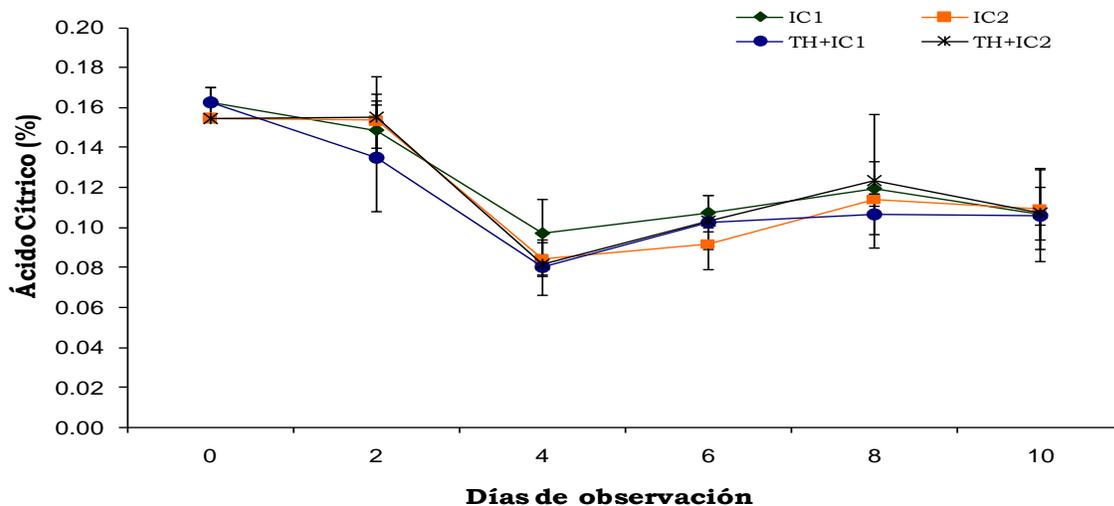


Figura 10. Ácido cítrico en frutos de papaya con y sin tratamiento hidrotérmico. n=3. ± error estándar. IC1: frutos con $\frac{1}{4}$ de coloración, IC2: frutos con $\frac{3}{4}$ de coloración, TH: tratamiento hidrotérmico

4.4.4 Color de pulpa y epidermis

El color de la pulpa presentó una reducción de °Hue durante el almacenamiento de los frutos, pasando de coloraciones amarillas a rojas-naranja. Para el °Hue no hubo diferencias significativas entre los frutos con o sin TH (Cuadro 5). La evaluación del color en la epidermis de los frutos a los 10 días de almacenamiento, no mostró diferencias significativas en el °Hue entre los frutos con y sin tratamiento térmico, por lo que la temperatura no afectó la evolución de color, existió diferencia entre los frutos con un IC1 e IC2, esto debido al diferente grado de madurez a los que los frutos fueron cosechados. El color de la epidermis medido como °Hue disminuyó durante el periodo de almacenamiento de los frutos (Figura 11); lo cual concuerda con Bron y Jacomino, (2006); en donde la reducción del °Hue indica que existe un cambio de coloración de la epidermis de los frutos de verde a amarillo-rojo, esto debido a la degradación de la clorofila y un aumento de pigmentos carotenoides (Azevedo, *et al.*, 2007; Abou *et al.*, 1975). De Olivera *et al.*, (2007) encontró que frutos de papaya “Sunrise solo” durante el periodo de maduración presentaron concentraciones de clorofila de $192,358 \mu\text{g (g cascara)}^{-1}$ cuando los frutos tenían un 10 % de coloración, reduciéndose a $26,365 \mu\text{g (g cascara)}^{-1}$ con frutos de 86-100 % de coloración; con respecto a los carotenoides aumentaron de 26,981 a $84,914 \mu\text{g (g cascara)}^{-1}$, esto durante el proceso de maduración; de igual manera se observa un incremento de carotenoides totales en la pulpa al pasar de 5,520 a $14,740 \mu\text{g (g pulpa)}^{-1}$.

Se considera que la temperatura a la cual se sometieron los frutos no afectó la coloración externa e interna de estos, es decir, los cambios en coloración evolucionaron de manera normal (Selvaraj *et al.*, 1982).

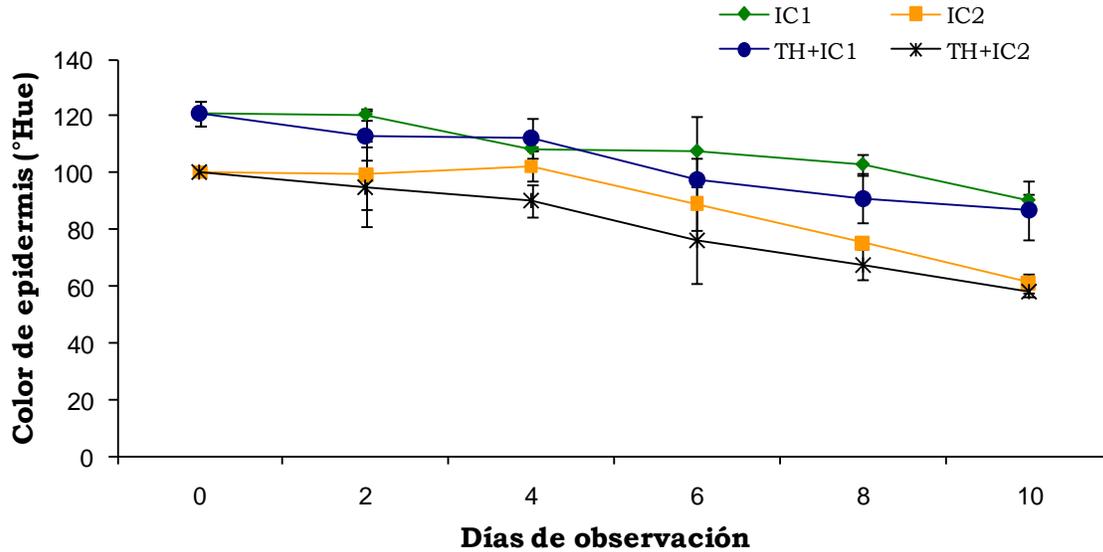


Figura 11. Color de la epidermis (°Hue) en frutos de papaya con y sin tratamiento hidrotérmico. n=3. ± error estándar. IC1: frutos con ¼ de coloración, IC2: frutos con ¾ de coloración, TH: tratamiento hidrotérmico

Cuadro 5. Color de la epidermis y pulpa (°Hue y Chroma) en frutos de papaya, 10 días después de almacenamiento en condiciones ambientales.

Tratamientos	Color de epidermis		Color de pulpa	
	°Hue	Chroma	°Hue	Chroma
IC1	90.25 a *	20.86 b*	36.95 b*	28.854 a*
TH+IC1	86.72 a	19.08 b	38.94 ab	27.594 a
IC2	61.61 b	27.29 a	41.70 ab	28.191 a
TH+IC2	59.97 b	24.07 ab	43.28 a	29.418 a
DMS	16.578	6.2405	5.6544	3.2545

* Valores con la misma letra no son significativamente diferentes en la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). DMS: Diferencia Mínima Significativa. IC1: frutos con ¼ de coloración, IC2: frutos con ¾ de coloración, TH: tratamiento hidrotérmico

V. CONCLUSIONES

- ❖ Prochloraz y Pyroclostrobin a 500 ppm tuvieron una efectividad de 90 al 100 % en el control de *C. gloeosporioides* tanto en la fase *in vitro* como *in vivo*.

- ❖ La combinación de prochloraz y pyroclostrobin + tratamiento hidrotérmico, en frutos cosechados a un $\frac{1}{4}$ de color, tuvo la mayor efectividad en el control de *C. gloeosporioides*.

- ❖ El tratamiento hidrotérmico aplicado a frutos cosechados a un $\frac{1}{4}$ de color, afectó los parámetros de calidad, al reducir en un 85 % la firmeza de los frutos a los 4 días después del tratamiento; además, no existió un incremento en la concentración de sólidos solubles totales, al presentar a los 10 días de almacenamiento 7.6 °Brix.

VI. LITERATURA CITADA

- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18:265-267.
- Abou, A.B., S.M. El Nabawi and H.A. Zaki. 1975. Effects of different temperatures on the storage of papaya fruit and respirational activity during storage. *Sci. Hort.* 3:173-177.
- Abu-Goukh, A., H. A. A, Bashir. 2003. Changes in pectic enzymes and cellulase activity during guava fruit ripening. *Food Chemistry*, London, V. 83, n. 2. p. 213-218.
- Abu-Sarra, A. F., A. A, Abu-Goukh. 1992. Changes in pectinesterase, poligalacturonase and cellulose activity during mango fruit ripening. *Journal of Horticultural Science*, Alexandria, v. 67, n. 4, p. 561-568.
- Alahakoon, P.W., A.E. Brown, and S. Sreenivasaprasad. 1994. Cross-infection potential of genetic groups of *Colletotrichum gloeosporioides* on tropical fruits. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 44:93-103.
- AOAC. 1984. Official methods of Analysis. 5 ed. Association of Official Analytical Chemist Washington D.C. 1081 p.
- Álvarez, M. A., and T. W. Nishijima. 1987. Postharvest diseases of papaya. *Plant Disease* 71:681-686.
- Alves, R. E.; H. A. C. Filgueiras, J. B. Menezes, J. S. Assis, M. A. C. Lima, T. B. F. Amorim. A. G. Martins. 2002. Colheita e pós-colheita. In: GENÚ, P. J. C., A. C. Q. PINTO, (Eds.). *A cultura da mangueira*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 381-406 p.
- Aragaki, M., Kimono, W. S., and Uchida, J. Y. 1981. Limitations of hot water treatment in tile control of *Phytophthora* fruit roto f papaya. *Plant Disease* 65: 744-745
- Arauz L., F. 1992. Elementos básicos de patología postcosecha de frutos y hortalizas. 225-230 pp. En: I Reunión Latinoamericana de Tecnología Postcosecha. UAM-Iztapalapa, México, D.F. 234 p

- Arias C. 1992. Programa de pérdidas de postcosecha de frutales en los países menos desarrollados de la FAO. Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Italia. 183 p.
- Armstrong, J.W. 1982. Development of a hot-water immersion quarantine treatment for hawaiian-grown 'Brazilian' bananas. *Journal of Economic Entomology* 75:787-791.
- Azevedo, I. G., J. G. Oliveira, M. G. Da Silva, T. Pereira, S. F. Correa, H. Vargas, A. R. Facanha. 2007. P-type H⁺-ATPases activity, membrane integrity, and apoplastic pH during papaya fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology* 48: 242-247.
- Bailey, A. J., and J. M. Jeger. 1992. *Colletotrichum*: biology, pathology and control. British Society for Plant Pathology. C.A.B. international. 388 p.
- Barkai-Goldan R., and D. J. Phillips. 1991. Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. *Plant Disease* 75:1085-1089.
- Bartlett, D. W., J. M. Clough, J. R. Godwin, A. A. Hall, M. Hamer, and B. Parr-Dfobrzanski. 2002. The strobilurin fungicides. *Pest Management Science* 58:649-662.
- Bello-Rivera A. 2002. Patogenicidad y control de aislamientos de la antracnosis y pudrición del pedicelo en frutos de aguacate (*Persea americana* Mill) cv. Hass en postcosecha. Tesis de licenciatura en Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 94 p.
- Becerra-Leor E., N. 1995. Enfermedades de cultivo de mango, En: Mata Beltrán Inocente y Mosqueda Vázquez Raúl. 1995. La producción de mango en México. Noriega Editores. México.
- Beno-Moualem, D., and D. Prusky. 2000. Early Events During Quiescent Infection Development by *Colletotrichum gloeosporioides* in Unripe Avocado Fruits. *Phytopathology* 90: 553-559
- Binyamini, N., and M. Schiffmann-Nadel. 1971. Latent infection in avocado fruit due to *Colletotrichum gloeosporioides*. *Phytopathology* 62:592-594.
- Bubici G., M. M. Amenduni, C. Colella, M. D'Amico, M. Cirulli. 2006. Efficacy of acibenzolar-S-methyl and two strobilurins, azoxystrobin and

- trifloxystrobin, for the control of corky root of tomato and verticillium wilt of eggplant. *Crop Protection* 25 : 814–820.
- Burden, O.J. 1968. Reduction of banana anthracnose following hot water treatment of the green fruit. *Queensland Journal of Agric. and Animal Sciences* 25:135-144.
- Bushong, P.M. and L. W. Timmer. 2000. Evaluation of Postinfection Control of Citrus Scab and Melanose with Benomyl, Fenbuconazole, and Azoxystrobin. *Plant Disease* 84: 1246-1249.
- Bron, I. U. and A. P. Jacomino. 2006. Ripening and quality of “Golden” papaya fruit harvested at different maturity stages. *Braz. J. Plant Physiol* 18(3):389-396.
- Cappellini, R. A., M. J. Cepones, and G. W. Lightner. 1988. Disorders in apricot and papaya shipments to the New York market, 1972-1985. *Plant Disease* 72: 366-368.
- Chin, K. M., M. Wirz, and D. Laird. 2001. Sensitivity of *Mycosphaerella fijiensis* from banana to trifloxystrobin. *Plant Disease* 85:1264-1270.
- Cituk C.D.E., T.A.R. Trejo, L.G. Borgesm M.F. Soria, y R.M. Arzápalo. 1996. Producción de papaya (*Carica papaya* L) variedad Maradol para Yucata. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Centro de Investigaciones y Graduados Agropecuarios 18 p.
- Costa-Lima, L. M. S. Carvalho-Dias, M. V. Castro. P. M. Ribeiro-Júnior, E. de Barros-Silva. 2007. controle da antracnose e qualidade de mangas (*Mangifera indica* L.) cv. Haden, após tratamento hidrotérmico e armazenamento refrigerado em atmosfera modificada. *Ciência e Agrotecnologia* 31: 298-304.
- Couey, M.H. 1989. Heat treatment for control post-harvest disease and insect pest of fruits. *HortScience* 24:198-202. 1989.
- Damicone, J. 2000. Fungicide resistance management. Oklahoma Cooperative Extension Service, Division of Agricultura Science and Natural Resources. OSU Extension. Oklahoma, USA. Facts F-7663. 8 p.

- De Lapeyre de B. L., and M. Chillet. 2000. Elaboration of an Early Quantification Method of Quiescent Infections of *Colletotrichum musae* on Bananas. *Plant Disease* 84: 128-133.
- De Lapeyre de B., L. 1997. Distribution of thiabendazole-resistant *Colletotrichum musae* isolates from Guadeloupe Banana plantations. *Plant Disease* 81: 1378-1383.
- De los Santos de la R. F. E., N. Becerra-Leor, R. Mosqueda-Vázquez, A. Vázquez-Hernández, B. Vargas-García. 2000. Manual de producción de papaya en el estado de Veracruz. INIFAP-CIRGOC. Campo experimental Cotaxtla. Folleto Técnico No. 17. Veracruz, México. 87 p.
- De Olivera F. M.J., N. Rocha-Leal, S. Agostinho-Cenci, P. Roberto-Cecon, R. E. Bressan-Smith, J. M. De Souza-Balbino. 2007. Evolução dos pigmentos durante o amadurecimento de mamão “Sunrise solo” e “Golden”. *Rev. Bras. Frutic.* 29:451-455.
- Dickman, M. B., A. M. and Álvarez. 1983. Latent infection of papaya caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Plant Disease* 67: 748-750.
- Dimitris L., N. Pompodakis, E. Markellou, S.M. Lionakis. 2005. Storage response of cactus pear fruit following hot water brushing. *Postharvest Biology and Technology* 38:145–151.
- Domergue, F., G.L. Helms, D. Prusky, and J. Browse. 2000. Antifungal compounds from idioblast cells isolated from avocado fruits. *Phytochemistry* 54:183-189.
- Domínguez, A.M., J.J.C. López, y M.P. García. 1998. Effects of hot water treatments on postharvest quality and ethylene synthesis of bananas. *Acta Horticulturae* 490:529-535.
- Droby, S. 2000. Biologically and physically-based methods for the control of postharvest decay of fruit. In: XVI Congresso Brasileiro de Fruticultura. Fortaleza, Ceara, Brasil. 322 p.
- Ecker., J. W., and J. M. Ogawa. 1985. The chemical control of postharvest diseases: subtropical and tropical fruit. *Annual Review of Phytopathology* 23:421-454.

- Elesbão-Alves R., H. A. Cubha-Filgueiras. 1999. Avances en tratamientos hidrotérmicos en frutos de papaya. In: Saucedo-Veloz, y R. Baez-Sañudo. Tratamientos físicos de cuarentena en frutos tropicales y subtropicales. La Habana, CYTED/RITEP. Pp. 19-24 .
- Espinosa-Ortega M., 2003. Caracterización cultural, morfológica, patogénica y molecular de *Colletotrichum musae* (Berk. and Curt.) v Artx. en frutos de banano (*Musa acuminata* L.). Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Edo. de México. 144 p.
- Everett, K.R., S.G. Owen and J.G.M. Cutting. 2005. Testing efficacy of fungicides against postharvest pathogens of avocado (*Persea americana* cv. Hass). New Zealand Plant Protection 58:89-95.
- FAOSTAT, 2008.
- Fallik, E., 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). Postharvest Biology and Technology 32: 25–134.
- Fallik, E., S. Grinberg, M. Gambourg, J. D. Klein, S. Lurie. 1995. Prestorage heat treatment reduces pathogenicity of *Penicillium expansum* in apple fruit. Plant Pathology 45:92-97.
- Fernández-Ortuño D., J. A. Torés, A. De Vicente, A. Pérez-García. 2008. Mechanisms of resistance to QoI fungicides in phytopathogenic fungi. International Microbiology 11:1-9.
- Freeman, S., Y. Nizani, S. Dotan, S. Even, and T. Sando, 1997. Control of *Colletotrichum acutatum* in strawberry under laboratory, greenhouse, and field conditions. Plant Disease 81:749-752.
- Ghanta, P.K. 1994. Physico-chemical changes in papaya cv. Ranchi during fruit development and maturity. South Indian Hort. 42:231-235.
- García-Jiménez J., M T. Velázquez, M. García-Morato y A. Alfaro. 1990. Perspectivas de control de la muerte súbita del melón mediante tratamientos fungicidas. Bol. San. Veg. Plagas 16:691-699.
- Golan, R.B., and D.J. Phillips. 1991. Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. Plant Disease 75:1085-1089.

- Gutierrez-Alonso, J. G., Gutierrez-Alonso, O., Nieto-Angel, D., Téliz-Ortiz, D., Zavaleta-Mejía, E., Delgadillo-Sánchez, F., Vaquera-Huerta, H. 2003. Resistencia a Benomil y Tiabendazol en aislamientos de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. Y Sacc. Obtenidos de mango (*Mangifera indica* L.) en cinco regiones de México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 21:260-265.
- Gutierrez-Alonso, J. G. 2001. Manejo Integrado de la Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) del Mango (*Mangifera indica* L.) en postcosecha. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. Estado de México. 105 p.
- Gutierrez C. L. J., Y. Wang, E. Lutton, and B.B. M. Gardener. 2006. Distribution and Fungicide Sensitivity of Fungal Pathogens Causing Anthracnose-like Lesions on Tomatoes Grown in Ohio. *Plant Disease* 90: 397-403
- Guzmán D. 1998. Guía para el cultivo de la papaya (*Carica papaya* L.). Sistema Unificado de Información Institucional. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica. 26 p.
- Hamdy, B. 2007. Review of strobilurin fungicide chemicals. *Journal of Environmental Science and Health* 42:441-451.
- Hongyin, Z., W. Shizhen, H. Xingyi, D. Ying, Z. Xiaodong. 2008. Integrated control of postharvest blue mold decay of pears with hot water treatment and *Rhodotorula glutinis*. *Postharvest Biology and Technology* 49:308–313.
- Jeon, J., D.J. Huber, S. A. Sargent. 2002. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea americana*) fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 25:241-256.
- Kanetis, L., and J. E. Adaskaveg. 2007. Comparative efficacy of the new postharvest fungicides azoxystrobin, fludioxonil and pyrimethanil for managing citrus green mold. *Plant Disease* 91: 1502-1511.

- Karabulut, O. A., U. Arslan and G. Kuruoglu. 2004. Control of Postharvest Diseases of Organically Grown Strawberry with Preharvest Applications of some Food Additives and Postharvest Hot Water Dips. *Journal Phytopathology* 152:224–228.
- Kim, Y. S., E. W. Dixon, P. Vincelli, and M. L. Farman. 2003. Field resistance to strobilurin (QoI) fungicides in *Pyricularia grisea* caused by mutations in the mitochondrial cytochrome b gene. *Phytopathology* 93:891-900.
- Ker-Chung K. 2001. Sensitivity of mango anthracnose pathogen, *Colletotrichum gloeosporioides*, to the fungicide prochloraz in Taiwan. *Proc. Natl. Sci. Counc.* 25:174-179.
- Klein, J.D., S, Lurie. 1990. Prestorage heat treatment as a means of improving poststorage quality of apples. *Journal of the american society for horticultural science, alexandria*,v.115, n.2, p.265-269
- Köller, W., H. Scheinpflug. 1987. Fungal resistance to sterol biosynthesis inhibitors: a new challenge. *Plant Disease* 71:1066-1074.
- Kososki, R.M., C. Furlanetto, C.K. Tomita, y A.C. Filho. 2001. Efeito de fungicidas em *Colletotrichum acutatum* e controle da antracnose do morangueiro. *Fitopatologia Brasileira* 26:662-666.
- Laignelet, L., J.F. Narbonne, J.C. Lhuguenot, J.L. Riviere. 1989. Induction and inhibition of rat liver cytochrome(s) P-450 by an imidazole fungicide (prochloraz). *Toxicology* 15:271-284.
- Lazan, H., N. Syu-Yih, G. Lee-Yin, A. M. Zainon. 2004. Papaya β -galactosidase/galactanase isoforms in differential cell wall hydrolysis and fruit softening during ripening. *Plant Physiology and Biochemistry* 42:847-853.
- Lunardi, R., E. Seibert, E. Pezzi, M. E. Casali, R. J. Bender. 2003. Efeito de tratamentos térmicos por imersão na qualidade de maçãs cv. fuji inoculadas com *Botryosphaeria dothidea* e armazenadas em atmosfera controlada.. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25: 332-334.

- Lunardi R., E. Seibert, E. Pezzi, R. J. Bender. 2002. Tratamiento por água quente na qualidade de maçãs 'fuji', inoculadas artificialmente com *Botryosphaeria dothidea*, em armazenamento refrigerado. *Ciência Rural* 32:565-570.
- Macedo, T. G., P. E. De Souza. 2005. Efeito de fungicidas no controle *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente etiológico da antracnose do mamoeiro (*Carica papaya* L.) *Ciênc. Agrotec* 29:52-59.
- Macedo, T. G., 2004. Controle químico e hidrotérmico da antracnose em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) na pós-colheita. In: Silva K S, T. N. Hojo, O. L. Lemos, M. P. Bomfim, A. A. Bomfim, G. L. Esquivel, A. P. B. Prado, A. R. São José, N. O. Dias, G. M. T. 2006. Patogenicidade causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (penz) em diferentes espécies frutíferas. *Revista Brasileira de Fruticultura* 28:131-133.
- Mandujano, B. R. A. 1995. Conservación de la pureza genética del cultivar papaya "maradol", y su importancia en la propagación. En: Memoria de la Reunión técnica sobre cultivo de papaya roja en la Costa de Jalisco. Gobierno del Estado de Jalisco y S.D.R. pp. 8-20.
- Manrique, D. G y F. M. Lajolo. 2004. Cell-wall polysaccharide modifications during postharvest ripening of papaya fruit (*Carica papaya*). *Postharvest Biology and Technology* 33:11-26.
- Margosan, D. A., J. L. Smilanick, G. F. Simmons, and D. J. Henson. 1997. Combination of hot water and ethanol to control postharvest decay of peaches and nectarines. *Plant Disease*. 81:1405-1409.
- Mena-Nevarez, G. 1993. Tratamientos hidrotérmicos (46 °C): Evaluación de la fisiología y calidad en mango Manila. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Estado de México.
- McGrath, M.T. 2001. Fungicide resistance in cucurbit powdery mildew: experiences and challenges. *Plant Disease* 85: 236-245.

- Miller, T. C., and W. D. Gubler. 2004. Sensitivity of California isolates of *Uncinula necator* to trifloxystrobin and spiroxamine, and update on triadimefon sensitivity. *Plant Disease* 88:1205-1212.
- Mondal, S.N., A. Bhatia, T. Shilts, L.W. Timmer. 2005. Baseline sensitivities of fungal pathogens of fruit and foliage of citrus to azoxystrobin, pyraclostrobin and fenbuconazole. *Plant Disease* 89: 1186-1194.
- Moraes W. S., L. Zambolim, J. D. Lima, L. C. C. Salomão, y P. Cecon. 2005. Termoterapia de banana 'Prata-Anã' no controle de podridões em pós-colheita. *Fitopatologia Brasileira* 30:603-608.
- Moshe, R. 2001. Activity of trifloxystrobin against powdery and downy mildew diseases of grapevines. *Canadian Journal of Plant Pathology* 23: 52-59.
- Mitcham, E. J., R. E., McDonald. 1993. Respiration rate, internal atmosphere, and ethanol and acetaldehyde accumulation in heat-treated mango fruit. *Postharvest biology and technology, Amsterdam, v.3, p.77-86.*
- Navickiene S., and M. L. Ribeiro. 2005. An Alternative LC-UV Procedure for the Determination of Prochloraz Residues in Fruits. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 16: 157-162.
- Nel, B., C. Steinberg, N. Labuschagne, A. Viljoen. 2007. Evaluation of fungicides and sterilants for potential application in the management of *Fusarium* wilt of banana. *Crop Protection* 26 : 697-705
- Nery-Silva F. A., J. D. Cruz-Machado, L. C. De Oliveira-Lima, M. L. Vilela-De Resende. 2001. Controle químico da podridão peduncular de mamão causada por *Colletotrichum gloeosporioides*. *Ciência e Agrotecnologia* 25:519-524.
- Olesen T., N. Lakshmi, N. Wiltshire, S. O'Brien. 2004. Hot water treatments for the control of rots on harvested litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 32: 135-146.
- Pal, D.K., M.D. Subramanyam, N.G. Divakar, C.P.A. Iyer, Y.Selvaraj. 1980. Studies on the physicochemical composition of fruits of twelve papaya varieties. *J. Food Science Technology* 17:254-256.

- Pasche, J.S., C.M. Wharam and N.C. Gudmestad. 2004. Shift in sensitivity of *Alternaria solani* in Response to QoI fungicides. *Plant Disease* 88:181-187.
- Paull, R.E., W. Nishijima, M. Reyes, and C. C. Cavaletto. 1997. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). *Postharvest Biology and Technology* 11:165-179.
- Paull, R.E. 1993. Pineapple and papaya . *In*: Seymour, G. B., Taylosr, J.E. and Tucker, G.A. (eds) Biochemistry of fruit ripening. Chapman and Hall, London. Pp. 291.323.
- Pal D.K. 1982. Changes in the chemical composition of papaya (Thailand variety) during growth and development. *Journal Food Science and Technology*. 19:257.259.
- Protrade. 1993. Manual de exportación frutas tropicales y hortalizas-papaya. Eschborn, PROTRADE/GTZ.
- Prusky, D. 1996. Pathogen quiescence in postharvest diseases. *Annu. Rev. Phytopathol.* 1996. 34:413-34
- Prusky, D., and N. T. Keen. 1993. Involvement of preformed antifungal compounds in the resistance of subtropical fruits to fungal decay. *Plant Disease* 77:114-119.
- Prusky, D., N. T. Keen, J. J. Sims, and S. L. Midland. 1982. Possible involvement of an antifungal diene in the latency of *Colletotrichum gloeosporioides* on unripe avocado fruits. *Phytopathology* 72:1518-1582.
- Rahman, R.A., A. Grandison, y P. G. Campbell. 1994. Electron beam irradiation combined with hot-water immersion treatment for banana preservation. *In*: B.R. Champ, E. Highley, y G.I. Jonson. (Eds.). *Postharvest handling of tropical fruits*, Australia: ACIAR Proceedings, v.50, 378 p.
- Rebollar-Alviter, A., L.V. Madden y M.A. Ellis. 2007. Pre-and Post-Infection Activity of azoxystrobin, pyraclisotrobin, mefenoxam, and phosphite

- against leather rot of strawberry, caused by *Phytophthora cactorum*. Plant disease 91: 559-564.
- Reyes, M.E.Q., W. Nishijima, and R. Paull. 1998. Control of crown rot in 'Santa Catarina Prata' and 'Williams' bananas with hot water treatments. Postharvest Biology and Technology 14:71-75.
- Ritenour, M.A., R. R. Pelosi, M. S. Burton, E. w. Stover, D. Huating, and T. G. McCollum. 2004. Assessing the efficacy of preharvest fungicide applications to control postharvest diseases of Florida citrus. Hortechonology 14:58-62.
- Rui S. J., F. M. da Costa, R. E. M. Marinho, G. H. S. Nunes, J. A. Filho, V. S. Miranda. 2004. Utilização de Azoxistrobina no Controle da Antracnose da Mangueira. Fitopatologia Brasileira 29: 193-196.
- Roy S., W. S. Conway, A. E. Watada, C. I. Sams, E. F. Erbe, W. P. Wergin. 1994. Heat treatment affects epicuticular wax structure and postharvest calcium uptake in 'Golden delicious' apples. HortScience 29: 1056-1058.
- Sallato, B. V., R. Torres, J. P. Zoffoli and B. A. Latorre. 2007. Effect of boscalid on postharvest decay of strawberry caused by *Botrytis cinerea* and *Rhizopus stolonifer*. Spanish Journal of Agricultural Research 5:67-78
- Scheinpflug, H. and Kuck, K. H. 1987. Sterol biosynthesis inhibiting piperazine, pyridime and azole fungicides. In: Modern Selective Fungicide, Properties, Applications and Mechanisms of Action. Lyr, H., Ed. Longman Scientific Technical Co., Essex, U.K. pp. 137-148.
- Selvaraj, Y., D.K. Pal. 1982. Changes in the chemical composition of papaya (Thailand variety) during growth and development. Journal Food Science and Technology. 19:257.259.
- Selvaraj, Y., M.D. Subramanyan, CPA Iyer. 1982. Changes in the chemical composition of four cultivars od papaya (*Carica papaya*) during growth and development. Journal Hort. Sci. 57:135-143.
- Seok-In, H., L. Hyun-Hee, K. Dongman. 2007. Effects of hot water treatment on the storage stability of satsuma mandarin as a postharvest decay control. Postharvest Biology and Technology 43:271-279.

- Shellie, K.C., R. L. Mangan. 1994. Postharvest quality of 'Valencia' orange after exposure to hot, moist forced air for fruit fly disinfestations. HortScience 29: 1524-1527.
- Snowdon, L. A. 1990. A color atlas of postharvest diseases and disorders of fruit and vegetables. Volume 1: General introduction and fruit. University of Cambridge. Wolfe Scientific. England. 302 p.
- Spalding, D.H. 1982. Resistance of mango pathogens to fungicides used to control postharvest diseases. Plant Disease 66:1185-1186.
- Sponholz C., U. G. Batista, L. Zambolim, L. C. C. Salomão, y A. A. Cardoso. 2004. Efeito do tratamento hidrotérmico e químico de frutos de banana 'Prata' no controle da antracnose em pós-colheita. Fitopatologia Brasileira 29:480-485.
- Spotts, R., P. M. Chen. 1987. Prestorage heat treatments for control of decay of pear fruit. Phytopathology 77: 1578-1582.
- Sundravadana S., D. Alice, S. Kuttalam, and R. Samiyappan. 2007. Efficacy of azoxystrobin on *colletotrichum gloeosporioides* Penz growth and on controlling mango anthracnose. Journal of Agricultural and Biological Science 2:10-15
- Sutton, C. B. 1980. The coelomycetes: Fungi Imperfecti with pycnidia acervuli and stromata. CAB International. London, UK. 696 p.
- Tavares, G.M. 2004. Controle químico e hidrotérmico da antracnose em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) na pós-colheita. In: Silva K S, T. N. Hojo, O. L. Lemos, M. P. Bomfim, A. A. Bomfim, G. L. Esquivel, A. P. B. Prado, A. R. São José, N. O. Dias, G. M. T. 2006. Patogenicidade causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (penz) em diferentes espécies frutíferas. Revista. Brasileira de Fruticultura 28:131-133.
- Terao D. S. M.A. De Oliveira. F. M. P. Viana¹, A. G. Rossetti and C. C. M. de Souza. 2006. Integração de Fungicidas à Refrigeração no Controle de Podridão Pós-Colheita em Frutos de Meloeiro. Fitopatologia Brasileira 31: 89-93.

- Turechek, W. W., N. A. Peres, and N. A. Werner. 2006. Pre- and post-infection activity of pyraclostrobin for control of anthracnose fruit rot of strawberry caused by *Colletotrichum acutatum*. *Plant Disease* 90:862-868.
- Vieira, M. J. S., S. M. Couto, P. C. Corrêa, A. E. O. Dos Santos, P. R. Cecom, y D. J. P. Da Silva. 2008. Características físicas de goiabas (*Psidium guajava* L.) submetidas a tratamento hidrotérmico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 12: 408-414.
- Vilela-Junqueira N. T., R. Da Costa-Chavez, A. Carneiro-Do Nascimento, V. H. Vagas-Ramos, J. R. Peixoto, L. Pereira-Junqueira. 2004. Efeito do óleo de soja no controle da antracnose e na conservação da manga cv. Palmer em pós-colheita. *Revista Brasileira de Fruticultura* 26: 222-225.
- Vincelli, P., and E. Dixon. 2002. Resistance to QoI (strobilurin-like) fungicides in isolates of *Pyricularia grisea* from perennial ryegrass. *Plant Disease* 86:235-240.
- Vinggaard, A. M., U. Hass, M. Dalgaard, H. R. Andersen, E. Bonfeld-Jørgensen, S. Christiansen, P. Laier, and M. E. Poulsen. 2006. Prochloraz: an imidazole fungicide with multiple mechanisms of action. *International Journal of Andrology* 29: 186-192.
- Wills, R.B.H., T.H. Lee, D. Graham, W.B. McGlassom, E.G. Hall. 1981. *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*. AVI Publications, Qest Point, CT.
- Wilson W. R. S., I.G.N. Hewajulige, N. Abeyratne. 2005. Postharvest hot water treatment for the control of *Thielaviopsis* black rot of pineapple. *Postharvest Biology and Technology* 36:323-327.
- Wong, F. P., and W. F. Wilcox. 2001. Comparative physical modes of action of azoxystrobin, mancozeb, and metalaxyl against *Plasmopara viticola* (grapevine downy mildew). *Plant Disease* 85:649-656.
- Zainon, M. A., C. Lieng-Hong and L. L. Hamid. 2004. A comparative study on wall degrading enzyme, pectin modifications and softenind during ripening of selected tropical fruits. *Plant Science* 167:317-327.

Zhang, J., and L.W. Timmer. 2007. Preharvest application of fungicides for postharvest disease control on early season tangerine hybrids in Florida. *Crop Protection* 26: 886–893

Ziogas, B. N., B. C. Baldiwin, and J. E. Young. 1997. Alternative Respiration: a biochemical mechanic of resistance to azoxystrobin in *Septoria tritici*. *Pesticide Science* 50:28-34.