



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

MANTENIMIENTO DE LA CALIDAD Y CONTROL DE
ANTRACNOSIS DE MANGO 'ATAULFO' APLICANDO
IRRADIACIÓN UV- C

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:
MARÍA GUADALUPE PÉREZ LOREDO

ASESORA: DRA. MA. ANDREA TREJO MÁRQUEZ

Cuautitlán Izcalli, Estado de México

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Dra. Ma. Andrea Trejo Márquez por su dedicación, apoyo e interés en el presente trabajo, por permitirme trabajar a su lado y su confianza, espero cubra tus expectativas y logremos hacer mejores cosas en el futuro.

M. en C. Norma Angélica Camacho de la Rosa, por el apoyo técnico en el desarrollo de las técnicas aplicadas y su interés en este trabajo, gracias por tu esfuerzo.

M. en C. Ma. Cristina Julia Pérez Reyes por el apoyo prestado durante el aislamiento, purificación e identificación del hongo.

A mis sinodales por el tiempo dedicado a la revisión del trabajo y las observaciones realizadas para mejorarlo.

Gracias al financiamiento otorgado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México dentro del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica PAPIIT que lleva por nombre: *“La microbiota del mango, componente importante para mantener la inocuidad del fruto”* (No. de proyecto IN217807-3)

A mi *Alma Mater* la Universidad Nacional Autónoma de México que me abrió sus puertas y en la cual obtuve la mejor formación posible. “Por mi raza hablara el espíritu”

“MEXICO, PUMAS, UNIVERSIDAD”

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

A mi mamá, María del Refugio Loredó Garza. Estés donde estés mamita recuerda que te amo, por fin termine y tengo una profesión como querías, yo se que siempre estás conmigo, gracias por todo.

A mi esposo Luis Alberto López Juárez, gracias por todo este maravilloso tiempo compartido y por estar conmigo en las buenas y en las malas, vamos por tu titulación mi vida. TE AMO.

Calixto, este logro también es tuyo, gracias por creer en mí y por financiar mis estudios tantos años, que Dios te bendiga siempre; espero poder corresponder a tu apoyo cuando me necesites te quiero hermano.

Reyna, nechan tu tienes un enorme talento para lograr grandes cosas, que este trabajo sea para ti un ejemplo de algo que puedes hacer mejor, recuerda que cuentas conmigo y que tienes un ángel a tu lado siempre, te quiero mucho.

A mi papa, Felipe Pérez Torres; tu peculiar forma de ser a propiciado que me esfuerce más, espero algún día te des cuenta que te quiero aunque no siempre estoy de acuerdo contigo,

A la familia Pérez Hernández, que Dios los bendiga. Felipe; espero que sepas impulsar a tus hijos, darles mucho amor y un buen ejemplo. Deseo que siempre seas feliz, sabes que a pesar de todo te quiero.

A las familias Pérez Torres y Loredo Garza ustedes forman parte de mi vida y aunque estamos lejos, sus bendiciones siempre han llegado, los quiero.

Nohemi Acuña y Jessica Ávila, espero que hayan aprendido algo durante el tiempo que me estuvieron apoyando, gracias.

A las chicas de la generación 28, Lorena Vertiz Santiago, Marisol Calva Medrano y Nohemi Duarte Peñaloza, gracias por trabajar conmigo.

A Zaira e Ivonne (Chaparrita) les deseo lo mejor muchachas, gracias por hacer ese experimento conmigo, sigan adelante y estén siempre orgullosas de si mismas. Que Dios las cuide y bendiga siempre.

A mis compañeros del Laboratorio de Postcosecha de Productos Vegetales Maricela Hernández, Hugo Juárez, Alma Adela, Gabriela Vilchis, Selene Pascual, Isaac Sierra, Carlos Vázquez, Anabel Rivas, Jessica Garduño, Adriana Corrales, Ariadna Lobera y Karen Navarrete. Gracias por formar parte de esta gran familia. A quienes ya terminaron gracias por su ejemplo y quienes están en el proceso échenle ganas ya les falta menos.

“No está bien ocultar la propia ignorancia, sino descubrirla y ponerle remedio”

Heráclito

“Nadie puede llegar a la cima armado sólo de talento Dios da el talento, el trabajo transforma el talento en genio”

Anna Pavlova



ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE DE TABLAS.	v
ÍNDICE DE FIGURAS.	vi
RESUMEN.	x
1. INTRODUCCIÓN.	I
2. ANTECEDENTES.	1
2.1 Generalidades del mango.	1
2.2 Origen del mango.	1
2.3 Clasificación botánica.	1
2.4 Descripción del fruto.	2
2.5 Variedades.	3
2.5.1 Variedades producidas en México.	4
2.5.2 Producción por variedades en México.	4
2.6 Producción nacional.	8
2.6.1 Estados productores.	8
2.6.2 Exportaciones.	10
2.7 Composición química y valor nutritivo.	11
2.8 Cambios durante la maduración.	12
2.8.1 Respiración.	12
2.8.2 Producción de etileno.	13
2.8.3 Carbohidratos.	14
2.8.4 Proteínas.	15
2.8.5 Lípidos.	15
2.8.6 Ácidos orgánicos.	15
2.8.7 Pigmentos.	16
2.8.8 Sustancias pécticas y constituyentes de la pared celular.	16
2.8.9 Fenoles.	17
2.8.10 Sustancias volátiles.	19
2.9 Pérdidas pre y poscosecha.	20
2.9.1.1 Plagas.	20
2.9.1.2 Desórdenes fisiológicos.	22
2.9.1.3 Enfermedades.	24
2.9.1.3.1 Antracnosis en mango.	27



2.9.1.3.1.1 Etiología.	28
2.9.1.3.1.2 Penetración del patógeno.	28
2.9.1.3.1.3 Ciclo de vida.	30
2.9.1.3.1.4 Sintomatología.	30
2.9.1.3.1.5 Condiciones favorables.	32
2.10 Tratamientos utilizados para el control de la antracnosis.	32
2.10.1 Radiaciones.	36
2.10.1.1 Radiación ionizante.	37
2.10.1.1.1 Aplicación en frutas y vegetales.	38
2.10.1.2 Radiación no ionizante.	40
2.10.1.3 Radiaciones ultravioleta (UV).	40
2.10.1.3.1 Radiaciones UV - C.	42
3. OBJETIVOS.	44
3.1 Objetivo general.	44
3.2 Objetivos particulares.	44
4. MATERIALES Y MÉTODOS.	45
4.1 Cuadro metodológico.	45
4.2 Material biológico.	46
4.3 Tratamiento de la muestra.	46
4.4 Evaluación de las características físicas, químicas y fisicoquímicas del mango.	46
4.5 Sistema para aplicación de los tratamientos por UV-C.	46
4.6 Establecimiento de las condiciones de los tratamientos por radiaciones UV-C.	47
4.7 Aislamiento, purificación e identificación del hongo.	48
4.7.1 Aislamiento.	48
4.7.2 Purificación.	49
4.7.3 Identificación.	50
4.8 Preparación de la solución de esporas del hongo <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .	51
4.9 Inoculación de los frutos con la solución de esporas del hongo <i>C. gloeosporioides</i> .	52
4.10 Determinación de la concentración de inóculo que permita el desarrollo de antracnosis.	53
4.11 Efecto de tratamientos por radiación UV-C en el control de antracnosis en mango variedad 'Ataulfo'.	54
4.12 Efecto del tratamiento por radiación UV-C en parámetros de calidad y fisiológicos en mango variedad 'Ataulfo'.	54
4.13 Relación del contenido de fenoles con IQ e IDC.	54



4.14 Métodos analíticos.	55
4.14.1 Parámetros químicos.	55
4.14.1.1 Humedad.	55
4.14.1.2 Azúcares reductores.	55
4.14.1.3 Cenizas totales.	55
4.14.1.4 Proteínas.	55
4.14.1.5 Fibra cruda.	56
4.14.2 Parámetros de calidad.	56
4.14.2.1 Sólidos solubles.	56
4.14.2.2 Determinación de pH y acidez total.	56
4.14.2.3 Determinación de firmeza.	57
4.14.2.4 Determinación de pérdida de peso.	57
4.14.2.5 Determinación del color.	57
4.14.2.6 Determinación del índice de quemaduras e índice de decaimiento.	58
4.14.3 Parámetros fisiológicos.	59
4.14.3.1 Determinación de la respiración.	59
4.14.4 Fenoles totales.	59
4.14.4.1 Preparación del extracto.	59
4.14.4.2 Determinación de fenoles totales.	59
4.14.5 Análisis estadístico.	60
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	61
5.1 Evaluación de las características físicas, químicas y fisiológicas de mango 'Ataulfo'.	61
5.2 Selección de condiciones de los tratamientos por radiaciones UV-C.	64
5.2.1 Daños ocasionados por el tratamiento.	64
5.2.1.1 Índice de quemaduras.	66
5.2.2 Efecto en la respiración.	67
5.3 Efecto del tratamiento por radiación UV-C en los parámetros de calidad y fisiológicos del mango 'Ataulfo'.	68
5.3.1 Efecto en respiración.	68
5.3.2 Efecto en parámetros de calidad	70
Efecto en pH.	70
Efecto en acidez.	71
Efecto en sólidos solubles.	73
Efecto en firmeza.	74
Efecto en color.	75
Luminosidad.	75
Tono.	76
Cromaticidad.	77



5.4 Efecto en pérdida de peso	78
5.5 Daños ocasionados por el tratamiento	79
5.6 Efecto en el contenido de fenoles en mango 'Ataulfo'	82
Efecto en el contenido de fenoles en pieles.	82
Efecto en el contenido de fenoles en pulpas.	83
5.7 Correlación entre el índice de quemaduras y contenido de fenoles.	84
5.8 Establecimiento de la concentración de inóculo que permita el desarrollo de los síntomas de antracnosis en mango.	86
5.9 Evaluación de la infección por antracnosis y de los tratamientos por radiación UV-C sobre los parámetros de calidad y fisiológicos del mango variedad 'Ataulfo'.	88
5.9.1 Efecto en respiración.	88
5.9.2 Efecto en parámetros de calidad.	91
Efecto en pH.	91
Efecto en acidez.	92
Efecto en sólidos solubles.	93
Efecto en firmeza.	94
Efecto en color.	95
Luminosidad.	95
Tono.	96
Cromaticidad.	97
5.10 Efecto en pérdida de peso.	98
5.11 Efecto de tratamientos por UV-C en el control de antracnosis en mango.	99
5.12 Efecto en el contenido de fenoles en mango 'Ataulfo'.	103
Efecto en el contenido de fenoles en pieles.	103
Efecto en el contenido de fenoles en pulpas.	105
5.13 Correlación entre el índice de decaimiento y contenido de fenoles.	106
6. CONCLUSIONES.	108
7. RECOMENDACIONES.	110
8. REFERENCIAS.	112
ABREVIATURAS	127
GLOSARIO.	128



ÍNDICE DE TABLAS

Número	Título	Página
1	Variedades de mango cultivadas en México	5
2	Valor nutritivo del mango	11
3	Tasa de respiración del mango	13
4	Tasa de producción de etileno del mango	14
5	Plagas comunes del mango	20
6	Desórdenes fisiológicos del mango	22
7	Enfermedades del mango	25
8	Tratamientos para el control de antracnosis	33
9	Aplicaciones de la irradiación ionizante	39
10	Escala del nivel de daño.	58
11	Caracterización física del mango.	61
12	Características de madurez del mango.	62
13	Composición química de mango 'Ataulfo'.	62



ÍNDICE DE FIGURAS

Número	Leyenda	Página
1	Diferentes variedades de mango.	2
2	Mango 'Ataulfo'.	4
3	Principales variedades de mango cultivadas en México.	7
4	Producción de mango 'Ataulfo'.	7
5	Producción nacional de mango.	8
6	Zonas de producción de mango; principales estados productores.	9
7	Principales estados productores de mango. Participación porcentual.	9
8	Países exportadores de mango.	10
9	Antracnosis en mango.	27
10	Mecanismo de penetración de <i>C. gloeosporioides</i> .	29
11 (a)	Síntomas de antracnosis hojas de mango.	31
11 (b)	Síntomas de antracnosis en frutos de mango.	31
11 (c)	Síntomas de antracnosis en flores de mango.	31
12	Espectro electromagnético.	36
13	Poder de penetración.	37
14	Simbolo internacional de irradiación de alimentos.	39
15	Espectro electromagnético de la radiación solar.	41
16	Cuadro metodológico.	45
17	Material biológico para experimentación.	46
18	Cámara para tratamiento por UV-C.	47
19	Equipo de seguridad.	47
20	Superficie para aplicar tratamiento.	47
21	Campana para extracción de gases.	48
22	Mangos de diferentes variedades con síntomas de antracnosis.	48
23 (a)	Cortes de tejido enfermo.	49
23 (b)	Siembra en agar papa dextrosa.	49
23 (c)	Incubación.	49
24 (a)	Cepas obtenidas del tejido enfermo.	49
24 (b)	Material para resiembra.	49
24 (c)	Resiembra en PDA.	49
25	Cepas purificadas de <i>C. gloeosporioides</i> .	50
26 (a)	Fotografías microscópicas de conidios y apresorios del hongo <i>C. gloeosporioides</i> 60X.	50
26 (b)	Fotografías microscópicas de conidios y apresorios del hongo <i>C. gloeosporioides</i> 40X.	50
27 (a)	Fotografías microscópicas de conidios de <i>C. gloeosporioides</i> obtenida del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina.	50



27 (b)	Fotografías microscópicas, conidios de <i>C. gloeosporioides</i> tomada en el CAT de la FES - C.	50
28	Colonias esporuladas de <i>C. gloeosporioides</i> .	51
29	Esquema del hemacitómetro (ejemplo de conteo).	51
30	Equipo utilizado para lavar los frutos.	52
31	Desinfección y secado de mangos.	52
32	Material para inoculación.	53
33	Refractómetro de mano.	56
34	Potenciómetro manual.	56
35	Penetrómetro manual.	57
36	Colorímetro Minolta.	58
37 (a)	Analizador de gases.	59
37 (b)	Sistema cerrado para medir respiración.	59
38	Cambios en la respiración del mango 'Ataulfo' durante el almacenamiento a 20°C.	63
39	Mangos irradiados por: (A) 5 minutos, (B) 10 minutos, (C) 15 minutos, (D) 20 minutos, (E) 25 minutos, (F) 30 minutos, (G) 40 minutos, (H) 60 minutos, (I) Control, después de tres días de almacenamiento.	65
40	Mangos irradiados por: (A) 5 minutos, (B) 10 minutos, (C) 15 minutos, (D) 20 minutos, (E) 25 minutos, (F) 30 minutos, (G) 40 minutos, (H) 60 minutos, (I) Control después de 8 días de almacenamiento.	65
41	Índice de quemaduras durante la maduración del mango 'Ataulfo' sometido a diferentes tiempos de radiación.	67
42	Efecto de tratamientos por irradiación UV-C en la respiración del mango 'Ataulfo' sometido a diferentes tiempos de radiación.	68
43	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en la respiración del mango 'Ataulfo'.	70
44	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en el pH del mango 'Ataulfo' durante la maduración.	71
45	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en la acidez del mango 'Ataulfo' durante la maduración.	72
46	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en los sólidos solubles del mango 'Ataulfo' durante la maduración.	73
47	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en la firmeza del mango 'Ataulfo' durante la maduración.	75
48	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en la luminosidad del mango 'Ataulfo' durante la maduración.	76
49	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en el tono del mango 'Ataulfo' durante la maduración.	76



50	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en la cromaticidad del mango 'Ataulfo' durante la maduración.	77
51	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en la pérdida de peso del mango 'Ataulfo' durante la maduración.	78
52	Índice de quemaduras en mango 'Ataulfo' irradiado por UV-C.	79
53	Mangos tratados por irradiación UV-C en diferentes estadios durante la maduración.	81
54	Contenido de fenoles en la piel durante la maduración del mango 'Ataulfo' sometido a tratamientos por irradiación UV-C.	83
55	Contenido de fenoles en la pulpa durante la maduración del mango 'Ataulfo' sometido a tratamientos por irradiación UV-C.	84
56	Mango 'Ataulfo' inoculado.	86
57	Imágenes del desarrollo de antracnosis utilizando diferentes concentraciones de inóculo: A) 300,000 conidios/ml, B) 600,000 conidios/ml, C) 900,000 conidios/ml	87
58	Cambios en la respiración del mango 'Ataulfo' infectado con <i>C. gloeosporioides</i> y tratados por irradiación UV-C.	89
59	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre el pH de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20°C.	91
60	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre la acidez de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20°C.	93
61	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre los sólidos solubles de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20°C.	94
62	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre la firmeza de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20 °C.	95
63	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre la luminosidad de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20 °C.	96
64	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre el tono de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20 °C.	97
65	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre la cromaticidad de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20 °C.	98



66	Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre la pérdida de peso de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20 °C.	98
67	Índice de decaimiento del mango 'Ataulfo'.	100
68	Mangos para evaluación del índice de decaimiento.	102
69	Contenido de fenoles en la piel del mango 'Ataulfo'.	104
70	Contenido de fenoles en la pulpa del mango 'Ataulfo'.	105



RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del tratamiento con irradiaciones UV-C en el control de antracnosis en mango variedad 'Ataulfo' y su influencia en la calidad y vida poscosecha del fruto.

Se utilizaron mangos provenientes del Estado de Guerrero y se seleccionaron por tamaño y grado de madurez descartando aquellos que presentaron daños para formar lotes homogéneos. Los frutos fueron lavados por aspersión con agua y sanitizados con una solución de hipoclorito de sodio al 2%. Los frutos fueron inoculados con el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* y se sometieron a tratamientos con radiaciones UV-C a diferentes tiempos. Los mangos fueron almacenados a 20 ± 1 °C y 90 ± 5 % HR se evaluaron los parámetros de calidad y fisiológicos.

Se encontró que las mejores condiciones para los tratamientos fueron: 5, 10 y 20 minutos, ya que a partir de 25 y hasta los 60 minutos se provocaron quemaduras en la superficie del fruto; por lo que estas condiciones fueron descartadas. Se evaluó el efecto de la radiación UV-C en los parámetros de calidad: pH, acidez, sólidos solubles, pérdida de peso, color y firmeza, no se observó un efecto significativo por el tratamiento, excepto en el tono debido a ligeras quemaduras en la superficie del fruto. Los frutos irradiados presentaron una tasa respiratoria más elevada, sin embargo no se afectó su proceso de maduración, ni el periodo de vida útil del fruto.

Por otra parte, se estableció que a la concentración del inóculo de 900,000 conidios por mililitro de esporas de *C. gloeosporioides* para provocar síntomas de antracnosis en mango 'Ataulfo', daños similares a estudios realizados con otras variedades de mangos. Se encontró que los fenoles disminuyeron al final de la maduración como resultado del avance de la infección y no existe una clara correlación entre el contenido de fenoles en piel y el índice de decaimiento.



Los tratamientos con UV-C fueron efectivos para reducir la incidencia de la antracnosis, al disminuir los daños ocasionados por el hongo, al décimo día de almacenamiento los frutos infectados sin tratamiento presentaron un índice de decaimiento (IDC) de 4.3, correspondiente a daños severos, mientras que los frutos sometidos al tratamiento por 20 minutos presentaron solamente un IDC de 2.6, daños ligeros.

El tratamiento por radiación UV-C fue efectivo para disminuir los daños causados por la antracnosis, convirtiéndose en una opción para controlar esta enfermedad que es considerada como una de las principales causas de pérdidas poscosecha.



1. INTRODUCCIÓN

El mango es considerado una de las frutas más selectas del mundo debido a este color atractivo, sabor delicioso y propiedades nutritivas excelentes. Pertenece a la familia *Anacardiaceae*, género *Mangifera* y es uno de los frutos subtropicales económicamente más importantes en México. La India, México y Tailandia son los principales países productores y exportadores del mango. En México, se obtiene una producción anual de 1,734,765.87 toneladas (FAO, 2006) ocupando el cuarto lugar de producción a nivel mundial.

Dentro de las diferentes variedades de mangos producidos en nuestro país la variedad 'Ataulfo', está tomando cada vez más importancia siendo actualmente la segunda variedad de mayor producción a nivel nacional, solo superada por la 'Manila' debido a sus características organolépticas, la poca cantidad de fibra que contiene, su resistencia a la antracnosis y una excelente aceptación en los mercados extranjeros. Propiciando la necesidad de desarrollar tecnologías que permitan conservarlo adecuadamente.

Un aspecto importante para la exportación de frutos es la necesidad de conservarlos adecuadamente para que lleguen al consumidor en buen estado para evitar reclamaciones y promover el consumo de nuestros productos. En nuestro país existen grandes volúmenes de pérdidas poscosecha en productos de exportación como el mango.

Los tratamientos térmicos por inmersión en agua, aire caliente forzado o vapor, las atmósferas controladas o modificadas y los tratamientos con luz UV, son eficaces para estimular la resistencia de las frutas a los ataques fúngicos, inactivar ciertos patógenos, reducir los daños por frío, inhibir reversiblemente la maduración o retrasar la senescencia (Artés, 1995).

La susceptibilidad de los frutos de mango a las enfermedades se incrementa después de la cosecha y en el almacenamiento, como resultado de los cambios fisiológicos que sufre el fruto durante el proceso de maduración, que facilitan el desarrollo de patógenos. En el mango *C. gloesporioides*, es el microorganismo más importante causante de antracnosis, esta enfermedad se presenta en todas las etapas productivas del fruto causando importantes pérdidas tanto en producción como en poscosecha.



La irradiación con luz UV-C genera resistencia a enfermedades poscosecha de distintos productos hortícolas. En algunos casos se ha comprobado que estos tratamientos promueven la síntesis de químicos específicos que protegen al fruto del ataque de patógenos (*Wilson et al.*, 1994).

Este método de conservación puede tener resultados no deseables en el producto si provoca la alteración de los parámetros de calidad; por ello se evaluaron los efectos en los parámetros de calidad más importantes y el proceso de maduración del fruto. Además se evaluó la radiación UV-C y su efecto en el control de la antracnosis debido a que ésta es una de las enfermedades fúngicas del mango más recurrente.

El objetivo del presente trabajo fue, estudiar el efecto de las radiaciones UV-C para minimizar las pérdidas poscosecha mediante el desarrollo de tratamientos que permitan mantener la calidad y alargar la vida útil del mango, evaluando su efecto en el control de la antracnosis.

Mediante el estudio propuesto se generará el conocimiento para el desarrollo de tratamientos físicos no contaminantes que permitan alargar la vida útil de frutos tropicales y subtropicales, evitando el uso de fungicidas no permitidos en países como Estados Unidos; contribuyendo de esta manera a la protección del ambiente, de la salud pública y evitando la contracción del mercado de exportación de frutos mexicanos como el mango.



2. ANTECEDENTES

2.1 Generalidades del mango

Mango, nombre común de un árbol y del fruto que produce. Es nativo de India y es considerado “el rey de las frutas tropicales”. Los árboles son vigorosos y crece hasta unos 15 ó 20 m de altura y forma numerosas ramas altas y abiertas. Se cultiva mucho en África y en América tropical por el fruto que produce. Es un fruto procedente de climas tropicales, que permiten el adecuado desarrollo del fruto. Se desarrolla en las zonas costeras de los trópicos que en el país se localizan en la zona del Golfo de México y el Pacífico. El nombre científico del mango es *Mangifera indica Linnaeus* (INFOAGRO, 2006; CCI, 2005; Crane y Campbell, 1995).

2.2 Origen del mango

El mango está reconocido en la actualidad como uno de los 3 ó 4 frutos tropicales más finos. El árbol de mango ha sido objeto de gran veneración en la India y sus frutos han sido consumidos por el hombre a través de los tiempos. Es originario del noroeste de la India donde se ha cultivado por más de seis mil años. En el mundo occidental el mango fue introducido por los portugueses a principios del siglo XVI. Brasil fue el primer país de América en el que se cultivó. De igual forma, los españoles introdujeron el cultivo a sus colonias del continente americano y se trajo a México de las Filipinas (INFOAGRO, 2006). Los mangos fueron llevados de México a Hawai en 1809, y a California, alrededor de 1880, mientras que la primera plantación permanente en Florida data de 1861 (Perú Rural, 2005).

2.3 Clasificación Botánica

El género *Mangifera* pertenece al orden de las *Sapindales* en la familia *Anacardiaceae*, “Familia de los Anacardos”. Esta familia abarca principalmente especies tropicales agrupadas en 73 géneros (850 especies). Solo 3 ó 4 especies del grupo producen frutas comestibles (Perú Rural, 2005).

El mango (*Mangifera indica L.*) pertenece a la siguiente clasificación taxonómica (Galán-Sauco, 1999; CCI, 2005):



Reino: *Vegetal*
División: *Phanerogamae.*
Subdivisión: *Angiospermae.*
Clase: *Dicotyledonae.*
Subclase: *Rosidae*
Orden: *Sapindales.*
Suborden: *Anacardiineae*
Familia: *Anacardiaceae.*
Género: *Mangifera.*
Especie: *indica.*

2.4 Descripción del fruto

El mango es considerado uno de los frutos preferidos a nivel mundial debido a su atractivo color, delicioso sabor y excelentes propiedades nutricionales que lo hacen ser uno de los frutos tropicales más finos y uno de los cultivos más importantes en las áreas tropicales y subtropicales del mundo (Crane y Campbell, 1995; Mitra y Baldwin, 1997; Perú Rural, 2005).

El fruto es una drupa carnosa, posee un mesocarpo comestible de diferente grosor según los cultivares y las condiciones de cultivo (figura 1).

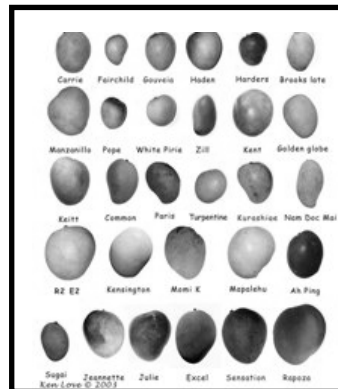


Figura 1. Diferentes variedades de mango
Fuente: Fairchild Tropical Botanic Garden (2005).

Su peso varía desde 150 g hasta 2 kg y su forma también es variable, pero generalmente es ovoide – oblonga, notoriamente aplanada, redondeada, u obtusa a ambos extremos, de 4 a 25 cm de largo y 1.5 -10 cm de grosor. El color puede estar entre verde, amarillo y diferentes tonalidades de rosa, rojo y violeta (INFOAGRO, 2006; Perú Rural, 2005).



La cáscara es gruesa, frecuentemente con lenticelas blancas prominentes; la pulpa es de color amarillo o anaranjado, jugosa y sabrosa; el endocarpio es grueso y leñoso con una capa fibrosa externa (INFOAGRO, 2006; Perú Rural, 2005).

2.5 Variedades

Existen diferentes variedades de mango, se conocen más de 500 pero no todas tienen la misma importancia económica (SAGARPA, 2003). Los rasgos primarios que diferencian los cultivares son el color y la forma del fruto. Generalmente se acepta que existen dos tipos principales de mangos, los Hindús y los Indochinos.

- a) Los de tipo Hindú tienen generalmente semilla monoembrionica y frecuentemente los frutos tienen colores vivos. Son susceptibles a la antracnosis y a la descomposición interna del fruto.
- b) Los de tipo Indochino tienen típicamente semillas poliembrionicas y carecen de colores atractivos. Son relativamente resistentes a la antracnosis.

En muchos países tropicales, se utilizan semillas de variedades poliembrionicas para realizar la propagación, ya que producen árboles que replican las características de los árboles maternos, lo cual no se obtiene con semillas monoembrionicas (Crane y Campbell, 1995).

La Norma Oficial Mexicana (NMX-FF-058-SCFI-2006) define dos diferentes variedades de mango (SCFI, 2006):

Grupo Indostano: Son aquellos frutos de forma ovalada, cáscara correosa, de color verde con chapeo, pulpa de color amarillo, ligeramente fibrosa, aromática y de sabor agradable. Variedades: 'Haden', 'Keitt', 'Kent', 'Tommy Atkins', 'Irwin', 'Zill', 'Sensation', 'Oro', 'Vandycke', 'Vishis' (manzanillo) y otras del mismo fenotipo.

Grupo Mulgova: Son aquellos frutos de forma alargada, cáscara suave, de color amarillo, ligeramente fibrosa, aromáticos y de sabor agradable. Dichas variedades son: 'Manila', 'Ataulfo', 'Diplomático', 'Panameño', 'Obo', 'Criollo' y otras del mismo fenotipo.

El mango 'Ataulfo' (figura 2) pertenece a la variedad Mulgova es de color amarillo, es resistente al manejo, con un peso promedio entre 200 y 370 g. La pulpa es de color amarillo y contiene poca fibra (SAGARPA, 2005).



El mango 'Ataulfo' es conocido como mango champán y su consumo ha aumentado en los Estados Unidos debido a la creciente población étnica en dicho país y a que esta variedad tiene buena aceptación por la población general. Se considera que existe oportunidad de incrementar las ventas debido a que sólo el 25 % de la población ha probado esta variedad (Porras, 2003).



Figura 2. Mango 'Ataulfo'.
Fuente: Fairchild Tropical Botanic Garden (2005).

2.5.1 Variedades producidas en México.

Las principales variedades que se cultivan en México son: 'Ataulfo', 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Irwin', 'Keitt', 'Kent', 'Manila', 'Palmer', 'Sensation' y 'Van Dyke' (SAGARPA, 2005). Algunas características de estas variedades se presentan en la tabla 1.

Debido a la gran variedad de mangos producidos en México, encontramos disponible este fruto prácticamente todo el año. En los meses de Junio a Septiembre se obtienen los mayores volúmenes de producción y por lo tanto los precios más bajos.

2.5.2 Producción por variedades en México

Debido a que en México se producen diferentes variedades de mango, el periodo de producción se extiende, de Enero a Octubre, siendo los meses de mayor producción de Mayo a Junio (Galán-Sauco, 1999). Los datos de producción para el 2006 muestran que las principales variedades de mango producidas en nuestro país fueron; 'Ataulfo', 'Criollo', 'Haden', 'Keitt', 'Kent', 'Manila' y 'Tommy Atkins'. La producción de estas variedades representa el 92.48% de la producción de mango. La figura 3 muestra

que las variedades con mayor volumen de producción fueron; 'Ataulfo', 'Haden', 'Manila' y 'Tommy Atkins' (SIAP, 2007).



Tabla 1. Variedades de mango cultivadas en México.

Variedad	Tamaño y forma	Color	Contenido de fibra	Características	SA	SF	SEA	Estacionalidad	Estados productores
'Ataulfo'	Pequeño y plano, de forma alargada	Amarillo oro	Muy poca	Poliembrionario. De tipo indonesio, cultivar de Hawái, descendiente del mango Manila, con un peso de 150-350 g, de sabor muy dulce	MR	S	R	Enero a Junio	Chiapas, Michoacán, Guerrero y Nayarit
'Haden'	Forma oval regular, grande.	Amarillo con tonalidades rojas	Regular	Monoembrionario. Descendiente de Mulgova, de origen indio. Introducido por el capitán Haden. Con un peso de 400-700 g de peso, de sabor ligero	MS	MS	MS	Febrero a Agosto	Michoacán, Jalisco, Guerrero, Colima, Nayarit y Sinaloa
'Irwin'	Forma oval alargada de tamaño mediano.	Amarillo-naranja a rosa con tonos rojo oscuro	Muy poca	Monoembrionario. Descendiente "Ippens", fruto con un peso de 350-450 g. Su pulpa es amarilla, con un sabor dulce moderado.	S	R	R	Mayo a Julio	Nayarit, Guerrero, Michoacán
'Keitt'	Es grande de forma oval redonda	Amarillo verdoso con tonos rojo claro y lavanda	Muy poca	Monoembrionario. Descendiente "Mulgova", originario de Homestead. Su piel es ligeramente gruesa. Su pulpa es de color amarillo-naranja, firme, de sabor muy dulce.	S	MS	R	Abril a Septiembre	Nayarit, Jalisco, Colima y Sinaloa
'Kent'	Es de forma oval y grande.	Amarillo grisáceo, hombros rojos y lenticelas de color amarillo	Muy poca	Monoembrionario. Se deriva del semillero Sandersha. De 500 a 800 g de peso. Su pulpa es jugosa y rica en azúcares.	S	R	S/R	Abril a Agosto	Michoacán, Nayarit, Jalisco, Sinaloa y Colima

SA = Susceptibilidad a Antracnosis, SF = Susceptibilidad al Frío, SEA = Sensibilidad a Enfermedades de Almacenamiento; R = Resistente, S = Sensible, MR = Muy resistente, MS = Muy sensible.



Tabla 1. Variedades de mango cultivadas en México (continuación)

Variedad	Tamaño y forma	Color	Contenido de fibra	Características	SA	SF	SEA	Estacionalidad	Estados productores
'Manila'	Forma alargada plana y pequeño	Amarillo	Bajo	Poliembrionico. Originario de México, de tipo filipino, con un peso de 180-300 g, y de sabor dulce	R/S	S	R	Enero a Agosto	Chiapas, Veracruz, Michoacán, Oaxaca, Guerrero, Colima y Sinaloa.
'Sensation'	Forma oval oblicua y puntiagudo; de tamaño mediano	Amarillo brillante a amarillo naranja con tonos rojizos y con lenticelas pequeñas de color amarillo	Muy poca	Monoembrionico. Descendiente de 'Edgehill', su piel es delgada, adherente. Su pulpa presenta poca fibra, muy aromático, con un moderado sabor dulce.,	S	R	R	Agosto a Octubre	Guerrero.
'Tommy Atkins'	Forma oval regular de tamaño medio grande.	Naranja rojo con tonos oscuros y púrpuras con lenticelas amarillas verdosas	Poca	Monoembrionico. Desarrollado y cultivado para la exportación. De 300 – 700 g de peso, de piel gruesa. Su pulpa es jugosa, firme.	R	R	R	Febrero a Agosto	Michoacán, Oaxaca, Guerrero, Campeche, Colima, Jalisco, Nayarit, y Veracruz.
'Van Dyke'	Forma oblonga oval de tamaño pequeño	Rojo amarillo	Muy poca	Monoembrionico. Es un cultivar relativamente nuevo. De 250 – 400 g de peso. Su pulpa es de excelente calidad	R	R	R	Junio a Julio	Oaxaca y Sinaloa

SA = Susceptibilidad a Antracnosis, **SF** = Susceptibilidad al Frío, **SEA** = Sensibilidad a Enfermedades de Almacenamiento; **R** = Resistente, **S** = Sensible, **MR** = Muy resistente, **MS** = Muy sensible.

Fuente: Samson (1986); Morton (1987); Galán-Sauco (1990); Galán-Sauco (1999); PROEXANT (1993); Aguirre y Fernández (1999); EMEX (2005); Páez (2004).



La temporada de exportación se inicia en Febrero y concluye en Septiembre. Las variedades de mango que se exportan principalmente son: 'Ataulfo', 'Haden', 'Keitt', 'Kent', 'Manila' y 'Tommy Atkins' (Velasco, 2003).

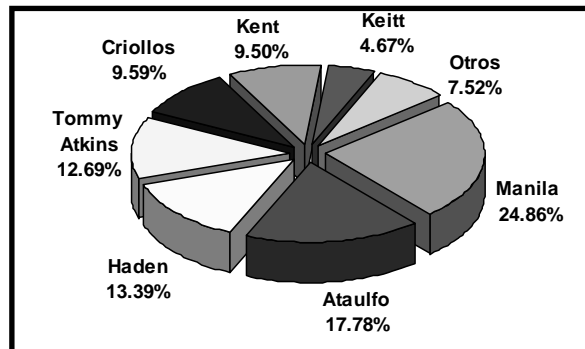


Figura 3. Principales variedades de mango cultivadas en México.

Fuente: SIAP (2007)

En el desarrollo del presente trabajo el objeto de estudio es el mango de la variedad 'Ataulfo'. Es importante observar que en el año 2006 fue la segunda variedad más producida debido a un aumento en la demanda de esta variedad. Según los datos de producción mientras que, en el año 2000 la producción de mango 'Ataulfo' fue de sólo 874 Toneladas, ha aumentando paulatinamente y en el 2006 se produjeron 308,544 Toneladas, representando una producción equivalente a 353 veces la obtenida en el año 2000.

En la figura 4 se observa el aumento que ha presentado la producción de mango 'Ataulfo' durante los últimos años, el aumento en su producción obedece a las necesidades del mercado ya que debido a sus características el mango 'Ataulfo' ha tenido una muy buena aceptación por el consumidor haciendo que haya pasado del último lugar de producción en el 2000, al segundo en el 2006, solo superado por la variedad 'Manila'.

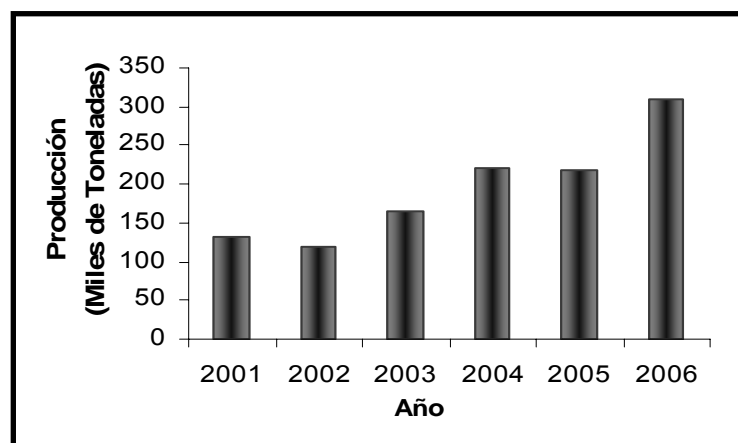


Figura 4. Producción de Mango 'Ataulfo'

Fuente: SIAP (2007)



2.6 Producción Nacional

Actualmente el mango ocupa el tercer lugar en superficie cosechada del total nacional, detrás de la naranja y el plátano (Figuroa *et al.*, 2002). En el 2006 se produjeron 1,734,765.87 toneladas de mango en el país, siendo el segundo fruto tropical más producido sólo superado por el plátano.

La figura 5 muestra la producción nacional de mango en los últimos 7 años, se observa que durante los años del 2003 y 2005 hubo una importante disminución en el volumen de producción de mango y se obtuvo la más alta producción en el año del 2006, con un millón 734 mil toneladas.

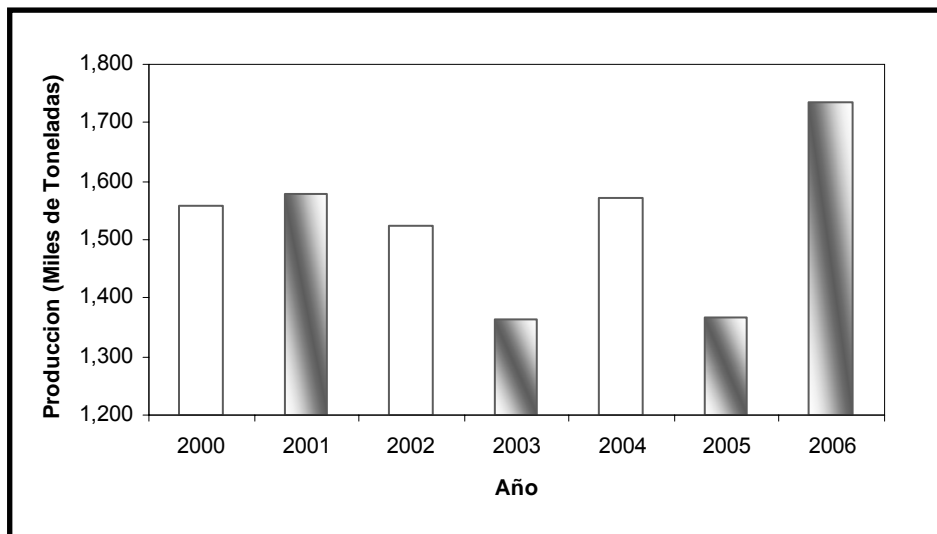


Figura 5. Producción Nacional de Mango

Fuente: SIAP (2007)

2.6.1 Estados Productores.

El cultivo del mango se ha extendido a prácticamente todo el territorio nacional, de manera que en el año 2006 un total de 23 estados, reportaron importantes superficies para la producción de esta fruta con 181,525 hectáreas sembradas.

Las principales zonas productoras de mango se ubican en las regiones costeras (figura 6), de tal forma que el 90 % de la superficie cultivada (164,633 Ha) se localiza en los estados de Chiapas, Guerrero, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa y Veracruz.



Con relación a la producción del mango 'Ataulfo' (figura 6), éste se cultiva en Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca y Sinaloa. Siendo el principal productor el estado de Chiapas donde se obtiene el 42 % de la producción de esta variedad.



Figura 6. Zonas de producción de mango; Principales estados productores.
Fuente: SIAP (2007)

Los estados que tienen la mayor superficie cultivada; también concentran el 91% de la producción nacional de mango (1,574,737.36 Ton). La figura 7 muestra el porcentaje producido en los estados de mayor participación. Se observa que Sinaloa y Guerrero son los estados que aportan el mayor porcentaje de producción con 18.87 y 18.53 %, respectivamente.

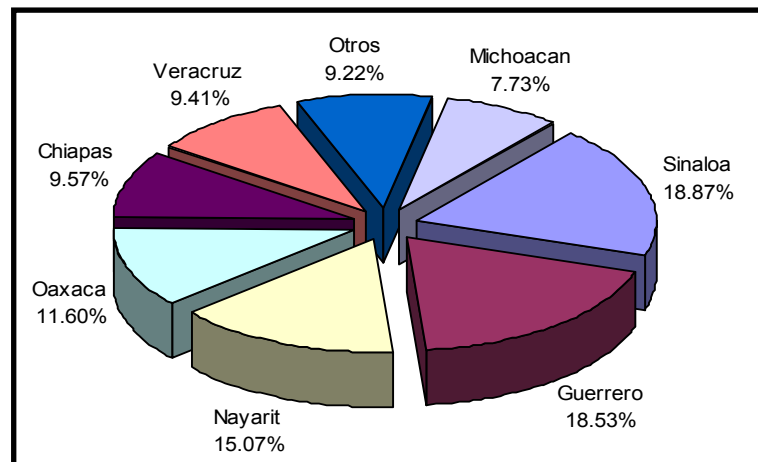


Figura 7. Principales estados productores de mango. Participación porcentual.
Fuente: SIAP (2007)



2.6.2 Exportaciones

Hasta el año 2004, México se situaba como el principal país exportador de mango; sin embargo en el 2005 fue superado por la India. De acuerdo al volumen de exportación de mango por país, México es el segundo exportador a nivel mundial (figura 8) y con una Tasa de Crecimiento Media Anual de 4.0%.

Aproximadamente el 85.8% de la producción nacional se destina al autoconsumo, mientras que el restante 14.2 % se destina a la exportación. Los principales países que demandan mango mexicano son en orden de importancia Estados Unidos con el 85%, (importaron en 2005 un volumen de 260.8 mil toneladas) seguido de Canadá con el 13% y en menor medida los Países Bajos y Japón. Según la coordinadora de Promoción Comercial y Fomento a las Exportaciones de la Secretaría de Agricultura, el mango se está consolidando en el gusto de los europeos y está en posibilidad de ampliar sus exportaciones (SAGARPA-SIAP, 2006).

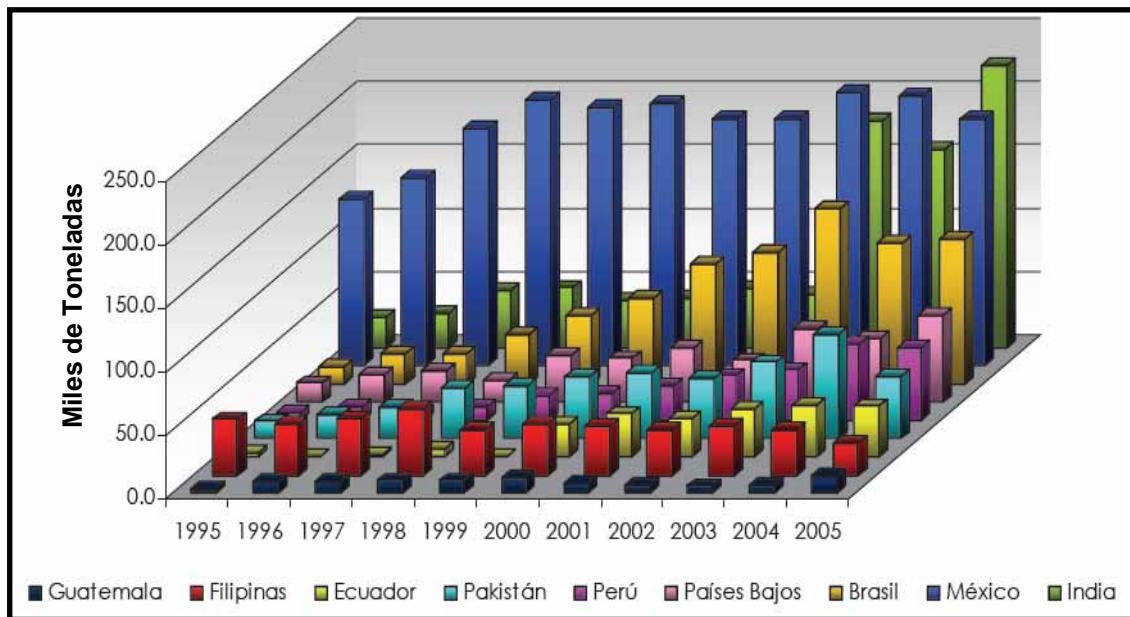


Figura 8. Países exportadores de mango.

Fuente: Elaborado con datos recopilados de SIAP (2007); FAO (2006).

Con respecto a las importaciones de mango se realizan principalmente de Ecuador y permiten complementar la oferta total de mango para el mercado interno; siempre son mucho menores al volumen exportado y son principalmente para abastecer al mercado cuando ha terminado el periodo de cosechas en nuestro país. (SAGARPA-SIAP, 2006).



2.7 Composición química y valor nutritivo

El componente mayoritario del mango es el agua, le siguen en importancia cuantitativa los azúcares, almidones, celulosa y hemicelulosa. Ácidos orgánicos, compuestos nitrogenados y lípidos, así como vitaminas, minerales y fibra que aportan importantes propiedades nutritivas (Astiasarán y Martínez, 2000).

La composición química del mango hace de éste, además de una fruta deliciosa y refrescante, unas de las más alimenticias (tabla 2), contiene todos los minerales y las vitaminas que son indispensables para el desarrollo y crecimiento del humano, entre ellos vitaminas A, B y C, lo que hace a esta fruta una de las más importantes en la recomendación de un régimen dietético y balanceado (Morton, 1987).

Tabla 2. Valor Nutritivo del mango (100 g de porción comestible)

Componente		Cantidad	
Energía		243 kJ	
Agua		82 g	
Carbohidratos		12.5 g	
Fibra		1.7	
Proteínas		0.6 g	
Minerales		0.5 g	
Grasas		0.5 g	
Minerales y elementos Traza		Vitaminas	
Sodio	5 mg	Retinol (eq.)	201 µg
Potasio	170 mg	Carotenoides	1.3 mg
Magnesio	18 mg	Alfa-caroteno	37 µg
Calcio	12 mg	Beta-caroteno	1.2 mg
Manganeso	170 µg	Vitamina E	1.0 mg
Hierro	400 µg	Tocoferoles	1.0 mg
Cobre	64 µg	Alfa-tocoferol	1.0 mg
Zinc	118 µg	Vitamina B1	45 µg
Fósforo	13 mg	Vitamina B2	50 µg
Yodo	1.6 µg	Nicotidamina	700 µg
Boro	48 µg	Ácido Fólico	36 µg
Selenio	600 ng	Vitamina C	37 mg

Fuente: Sánchez (2004); Fachmann *et al.* (2000)

Investigaciones recientes han encontrado que la fibra tiene un efecto protector contra enfermedades degenerativas, especialmente las de corazón, puede contribuir a la prevención de ciertos tipos de cáncer y también disminuye el nivel de colesterol en la sangre.



Un mango de tamaño promedio puede contener más del 40 % de nuestros requerimientos diarios de fibra. Además son una buena opción para reponer la pérdida de potasio. Delicioso, rico en antioxidantes, potasio y fibra el mango es la fruta perfecta, conocida como “El rey de la fruta” (London Fruit Inc., 2000).

Posee una fragancia inconfundible y penetrante, que invita a comerlo. El mango se consume tanto como fruta fresca o jugos, helados, dulces, mermeladas, conservas. Industrialmente se procesa en pulpa, encurtidos y productos congelados (Aguirre y Fernández, 1999).

2.8 Cambios durante la maduración

La maduración del fruto depende de los cambios fisicoquímicos asociados con el crecimiento y desarrollo del fruto (Kudachikar *et al.*, 2003).

Fenómenos especialmente destacados son: el ablandamiento, el endulzamiento y los cambios en el aroma, la astringencia y en la coloración. Al ser cosechados los mangos son separados de su fuente natural de nutrientes, pero sus tejidos todavía respiran y desarrollan actividades metabólicas, cuya energía se obtiene de la oxidación de azúcares y otros sustratos, como los ácidos orgánicos, con formación de CO₂ y de agua (Astiasarán y Martínez, 2000). La madurez de cosecha es el factor que determina la vida de almacenamiento y la calidad de la fruta, estas se cosechan antes de alcanzar la madurez fisiológica, sin embargo son más susceptibles al daño mecánico y son de menor calidad cuando maduran. Un mango habrá alcanzado su madurez fisiológica cuando tenga textura firme, color verde y sus hombros hayan crecido por arriba del punto de inserción del pedúnculo (estando ya formados y llenos) (Aguirre y Fernández, 1999).

2.8.1 Respiración

La respiración es el proceso por el cual, los materiales orgánicos de reserva se convierten en productos finales más simples con una liberación importante de energía. En este proceso se utiliza oxígeno (O₂) y se produce dióxido de carbono (CO₂). La pérdida de sustancias de reserva durante la respiración acelera la senescencia del fruto, de tal manera que al ser agotadas las reservas, el fruto muere. La velocidad de deterioro del mango depende de su velocidad de respiración, este fruto; tiene una velocidad de respiración moderada (Barret *et al.*, 2005a).



La intensidad respiratoria del mango depende de su grado de desarrollo, y se mide como la cantidad de dióxido de carbono (CO_2) que produce un kilogramo de mango en una hora. En el grupo de frutas climatéricas; dentro de la cuales encontramos el mango, después de presentarse un mínimo, hay un aumento más o menos rápido en la intensidad respiratoria, hasta alcanzar un máximo denominado climaterio, después del cual disminuye de nuevo. En términos botánicos, el climaterio de los frutos corresponde a un período de aumento significativo de la actividad respiratoria asociada al final del proceso de maduración. Este período de respiración climatérica es una fase de transición entre la maduración y la senescencia. Los mangos son cosechados antes de alcanzar el máximo climaterio, de tal forma que terminan de madurar fuera del árbol. El climaterio también se presenta si los frutos permanecen en el árbol, pero el proceso es más lento. Pero para la distribución comercial se cosechan antes con el objetivo de evitar pérdidas porque un mango maduro tiene un periodo de conservación más corto (Astiasarán y Martínez, 2000; Manrique, 1999).

Los modelos de respiración y maduración son diferentes entre las variedades de mango, las condiciones climáticas y los lugares donde la fruta crece. En los mangos variedad 'Alonso' el pico climatérico se observa a los cinco días después de la cosecha; en el caso de las variedades 'Kent' y 'Haden' el pico respiratorio se observó al noveno y undécimo día, respectivamente (Mitra y Baldwin, 1997). La tabla 3 muestra el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la tasa respiratoria del mango

Tabla 3. Tasa de Respiración del mango

Temperatura (° C)	10	13	15	20
mL CO_2 / kg · h	12-16	15 - 22	19 - 28	35 - 80

Fuente: Kader (2002)

2.8.2 Producción de etileno

El etileno es un producto natural del metabolismo de las plantas y es producido por todos los tejidos. Como hormona vegetal, regula muchos aspectos del desarrollo, crecimiento y senescencia de un fruto y es fisiológicamente activo en cantidades traza (menos de 0.1 ppm). La biosíntesis del etileno, inicia con el aminoácido metionina, que es energizado por el ATP para producir S-adenosin-metionina (SAM). La enzima iniciadora del proceso es la ACC-sintasa, que convierte la SAM a 1-aminociclopropano-1- ácido carboxílico (ACC), que se convierte en etileno por la acción de la ACC oxidasa (Barret *et al.*, 2005a).



El etileno tiene un papel muy importante en la maduración del mango, se denomina la hormona de la maduración. Tiene la capacidad de aumentar la permeabilidad de las membranas y acelera el metabolismo activando las enzimas hidrolíticas e inactivando los inhibidores de estas enzimas. Para evitar una maduración acelerada se debe evitar la acumulación de esta hormona vegetal gaseosa (Astiasarán y Martínez, 2000).

La tasa de producción de etileno, depende la fruta; se incrementa al llegar a la madurez fisiológica, por daños mecánicos, incidencia de enfermedades o a temperaturas mayores de 30 °C. El mango se considera un fruto de producción moderada (Barret *et al.*, 2005a). La tabla 4 muestra la influencia de la temperatura en la tasa de producción de etileno.

La producción de etileno en el mango, como en otros frutos climatéricos, es máxima al llegar a la etapa de madurez climática (Burg y Burg, 1962; Mattoo y Modi, 1969a).

La pequeña cantidad de etileno presente en la fruta a la cosecha, es suficiente para iniciar la maduración. La producción de etileno inicia antes que la fruta alcance la madurez fisiológica (Burg y Burg, 1962; Cua y Lizada, 1990).

Tabla 4. Tasa de Producción de Etileno del mango

Temperatura (° C)	10	13	15	20
$\mu\text{L C}_2\text{H}_4/\text{kg}\cdot\text{h}$	0.1 – 0.5	0.2 – 1.0	0.3 – 4.0	0.5 – 8.0

Fuente: Kader (2002)

2.8.3 Carbohidratos

En el mango se han encontrado diferentes niveles de carbohidratos estructurales y no estructurales, los carbohidratos estructurales sufren modificaciones durante la maduración que resultan en la pérdida de textura del fruto. Con relación a los carbohidratos no estructurales, las frutas maduras contienen una importante cantidad de bases de almidón (Hamid *et al.*, 2004).

Durante la maduración los almidones acumulados son hidrolizados, dando paso a la formación de azúcares. La hidrólisis de gránulos de almidón se lleva a cabo en los cloroplastos.

Glucosa, fructuosa y sacarosa son los monosacáridos mayoritarios. Se ha encontrado que la sacarosa es el azúcar predominante. Contribuye con el 57% del azúcar total en mangos 'Keitt' maduros, con un contenido de fructuosa y glucosa en 28 y 15%, respectivamente.



Muchos reportes sugieren un incremento simultáneo del contenido de glucosa, fructuosa y sacarosa durante la maduración; pero otros estudios han encontrado una gradual reducción en la glucosa y fructuosa con un continuo incremento en sacarosa durante la maduración de mangos de las variedades del grupo Indostano (Mitra y Baldwin, 1997).

2.8.4 Proteínas

El mango contienen pequeñas cantidades de proteínas. Los cambios en el nivel de actividad de las proteínas, generan modificaciones en la permeabilidad de la membrana celular, relacionada con los daños por frío. Las enzimas que catalizan los procesos metabólicos, son proteínas que tienen un papel determinante en las reacciones de maduración y senescencia (Barret *et al.*, 2005a).

Algunas enzimas importantes en el mango son: Pectinesterasa, poligalacturonasa, clorofilasa, fosfatasa y otras.

2.8.5 Lípidos

Los lípidos a pesar de encontrarse en cantidades muy pequeñas, desempeñan un papel muy importante, debido a que contribuyen con la apariencia de los frutos y forman parte de la cutícula que protege al fruto de patógenos y pérdida de agua, además de ser importantes constituyentes de la membrana celular (Barret *et al.*, 2005a). La fina estructura del depósito de cera epicuticular en mango maduro le da brillo al fruto y actúa como barrera al agua, insectos, hongos y bacterias (Juniper y Cox, 1973; Bally, 1999).

El contenido total de lípidos en la pulpa incrementa durante la maduración. Durante la maduración de mangos 'Alphonso', se presenta un incremento en el contenido total de glicéridos acompañado de cambios en la composición de ácidos grasos en la pulpa. Se reduce el contenido de ácido linoleico y se incrementa el de ácido linolénico (Bandyopadhyay y Gholap, 1973a, 1973b; Selvaraj y Kumar, 1989).

2.8.6 Ácidos Orgánicos

Los ácidos orgánicos son un intermediario importante en el metabolismo del fruto. El ciclo de Krebs es la ruta para la oxidación de los ácidos orgánicos que provee a las células de energía.



El contenido de ácido disminuye durante la maduración debido a que son utilizados durante la respiración y convertidos en azúcares. De esta forma se propicia la desaparición del sabor agrio, dando lugar al sabor suave y el equilibrio dulzor-acidez del mango maduro (Astiasarán y Martínez, 2000; Barret *et al.*, 2005a).

El ácido cítrico es el más abundante en el mango, además se han identificado algunos otros ácidos como málico, tartárico y oxálico. En mangos 'Keitt' los ácidos predominantes son el cítrico y málico, pero también se han encontrado otros como el tartárico, oxálico, ascórbico y α - Ketoglutárico (Mitra y Baldwin, 1997). En mangos 'Tommy Atkins' se identificaron los ácidos málico, cítrico, químico y shikímico en concentraciones de 0.336, 2.689, 0.309 y 0.108 mg / g de peso fresco en frutos maduros (González – Aguilar *et al.*, 2001).

2.8.7 Pigmentos

La maduración del mango esta acompañada de cambios en color que van de verde a amarillo en las variedades Mulgova, este cambio esta relacionado con varios cambios durante la maduración siendo los más importantes:

- 1) Pérdida de clorofila, que depende de cambios en el pH y actividad de la clorofilasa.
- 2) Síntesis y aparición de carotenoides.

Los cloroplastos de la piel son transformados en cromoplastos que contienen los pigmentos amarillos y rojos. En mangos 'Keitt' se presentan pérdidas sustanciales de clorofila en la piel cuando la fruta comienza a ablandarse. También se ha encontrado que el nivel de carotenoides en pulpa es diferente entre una variedad y otra (Astiasarán y Martínez, 2000; Barret *et al.*, 2005a; Mitra y Baldwin, 1997).

2.8.8 Sustancias Pécicas y constituyentes de la pared celular

La textura de las frutas, depende en gran parte de las pectinas que contiene. La firmeza del fruto es un atributo de calidad importante, la pérdida de firmeza durante la maduración, tiene influencia sobre la calidad de la fruta y su vida de almacén (Hamid *et al.*, 2004).



La maduración del mango, se caracteriza por el ablandamiento de tejidos, el alcance de la madurez comercial esta relacionado con el cambio de textura. La información disponible respecto a la pared celular del mango y el proceso de ablandamiento durante la maduración es limitada y existe mucha diferencia entre variedades. La pectina es el componente más importante de la pared celular. El ablandamiento del mango es caracterizado por el incremento en la solubilidad de la pectina de la pared celular, la disminución del peso molecular de la pectina y el incremento de los poliuronidos solubles que va acompañado de una pérdida sustancial de poliuronidos totales y un aumento general de polisacáridos solubles en agua; estos cambios se relacionan con el incremento de la actividad de la poligalacturonasa y pectinesterasa. Otras hidrolasas de la pared celular detectadas en mango maduro son: celulasa, galactosidasa, galactanasa y xilanas (Mitra y Baldwin, 1997; Crookes y Grierson, 1983; Hamid *et al.*, 2004).

Entre los polímeros que forman parte de la pared celular del mango se detectaron arabinogalactanos, (formado por una proporción 3:1 de galactosa y arabinosa) y ramnogalacturonos (compuestos por ácido galacturónico, arabinosa, galactosa y ramnosa en relación 69:15:14:2), estos polímeros pécticos proporcionan sus características a la pared celular (Prasanna *et al.*, 2004).

2.8.9 Fenoles

Los compuestos fenólicos están ampliamente distribuidos y sus funciones están relacionadas con la protección frente a las heridas y enfermedades, ya que su concentración aumenta después de alguna infección, además se relacionan con procesos de oxidación y son indicadores de la maduración del fruto (Hobson, 1993). Los fenoles son compuestos orgánicos aromáticos que contienen el grupo hidroxilo como su grupo funcional. La débil acidez del grupo fenólico ha determinado que se les agrupe químicamente junto a los ácidos carboxílicos y a los taninos, conformando así el grupo de los ácidos orgánicos (Ceciliano y Vinicio, 1996). Entre los compuestos fenólicos de los productos vegetales se ha identificado un gran abanico de sustancias con un amplio espectro de actividades funcionales. Tradicionalmente, estos compuestos se han considerado importantes en los vegetales por su participación en el sabor y color (especialmente en el pardeamiento enzimático) pero actualmente también despiertan un gran interés por sus potenciales efectos beneficiosos para la salud, actividad antioxidante y acciones antimicrobianas (Lizada, 1993; Hobson, 1993; Lakshminarayana, 1980).



En los términos químicos más simples, los compuestos fenólicos están formados por un anillo aromático hidroxilado como fenol, *p*-cresol y 3-etilfenol. Los ácidos fenólicos, por ejemplo, el cafeico, el cumárico y el ferúlico, que aparecen en los tejidos vegetales se originan en la ruta de ácido shikímico, que comienza con la condensación de fosfoenolpiruvato y eritrosa 4-fosfato. Estos compuestos suelen encontrarse esterificados con azúcares u otros fenoles, o formando parte de los taninos. El ácido cloragénico, que es el éster del ácido cafeico y ácido quínico, es muy abundante en los vegetales y es el principal compuesto fenólico en manzanas y peras. La fenilalanina y la tirosina se sintetizan también en la ruta del ácido shikímico y pueden actuar como precursores importantes en la formación de ácidos fenólicos, con el correspondiente incremento de la síntesis de lignina y pardeamiento enzimático (Fennema, 2000; Gómez-Lim, 2000).

La mayoría de estos compuestos pueden ser sustratos de pardeamiento enzimático y también pueden contribuir al oscurecimiento formando complejos con iones metálicos como el cobre y el hierro. Los agentes secuestrantes, por ejemplo, el ácido etilendinitrilo tetraacético (EDTA) o los fosfatos, se utilizan frecuentemente para reducir la formación de estos indeseables complejos metales-fenoles. Las diferencias en la velocidad y extensión del pardeamiento en los distintos tejidos vegetales pueden atribuirse a varios factores: disponibilidad del sustrato (oxígeno o fenol), actividad enzimática, disponibilidad de iones metálicos, entre otros. Los cambios en los sustratos fenólicos durante la maduración y el almacenamiento pueden favorecer el pardeamiento de un determinado tejido (Fennema, 2000).

Los compuestos fenólicos disminuyen con el grado de madurez en las frutas, pero aumentan como respuesta al estrés producido por magulladuras y por infecciones fúngicas. La importancia y la magnitud de estas variaciones depende mucho del producto vegetal y de las condiciones de almacenamiento (Fennema, 2000).

Por ejemplo, las zanahorias ralladas acumulan rápidamente ácido 5'-*trans*-cafeoliquinico cuando se conservan en aire, pero la producción de este ácido resulta inhibida por altas concentraciones de dióxido de carbono o bajas concentraciones de oxígeno. También en la lechuga cortada los compuestos fenólicos se acumulan más lentamente en las condiciones de composición atmosférica mencionadas (Fennema, 2000).



Las concentraciones naturales de compuestos fenólicos son usualmente inferiores a 1 µg/l y los compuestos más frecuentes identificados son: fenol, cresol y los ácidos siríngico, vainílico y p-hidroxibenzoico (Ceciliano y Vinicio, 1996).

Los compuestos fenólicos también participan en el sabor del fruto: los ácidos fenólicos proporcionan acidez, los flavanos astringencia y las flavonas amargor. Los flavonoides, constituyen el grupo más amplio de los fenoles naturales. Son sustancias de origen vegetal y les dan los colores (rojos, azules, amarillo) a las flores y las hojas de otoño. Los derivados del ácido cinámico son compuestos importantes y están ampliamente distribuidos. Forman parte de los fenoles más complejos. Los flavanos están ampliamente distribuidos y se localizan a altas concentraciones en las capas externas de los frutos, descendiendo su contenido con la maduración, los más comunes son la catequina y la epicatequina (Hobson, 1993). Las flavonas son compuestos fenólicos que suelen provocar las sensaciones de astringencia y amargor en la sapidez del fruto inmaduro. El contenido en flavonas suele disminuir durante la maduración y esto provoca una mejora de la sapidez que es una característica normal del proceso de maduración (Pantastico, 1987).

2.8.10 Sustancias volátiles

Las sustancias volátiles son responsables del aroma característico de los frutos. Estas se encuentran en cantidades extremadamente pequeñas (menores a 100 µg/g de peso fresco). La sustancia volátil de mayor formación en las frutas climatéricas es el etileno, el cual no tiene un fuerte aroma ni contribuye con los aromas típicos de las frutas (Barret *et al.*, 2005a).

Algunos mangos poseen un sabor parecido al durazno, que puede estar relacionado a la presencia de algunas lactonas importantes y de ésteres, los cuales son los principales contribuyentes al sabor y aroma de los duraznos (Lakshminarayana, 1980; Wilson *et al.*, 1990). Los diferentes cultivares de mango pueden ser distinguidos sobre la base de su aroma y sabor. La composición de los compuestos volátiles producidos por el mango es probable que cambien como consecuencia de la maduración (Gómez-Lim, 2000).

El perfil de compuestos volátiles responsables del aroma del mango es muy complejo, en estudios realizados se sugieren que algunos hidrocarburos monoterpenos cíclicos son responsables del sabor del mango, junto con ésteres, lactonas y ácidos grasos (MacLeod *et al.*, 1988).



2.9 Pérdidas pre y poscosecha

El cultivo de mango presenta diversos problemas como son: plagas (principalmente moscas de la fruta del género *Anastrepha*) y enfermedades (antracnosis, cenicilla, pudrición del pedúnculo y pudrición por *Alternaria*, entre otras), deficiente manejo en campo y prácticas de cosecha y poscosecha; además de desórdenes fisiológicos (daños por frío); todos estos problemas repercuten en las pérdidas de calidad y producción del mango.

2.9.1.1 Plagas

Algunas plagas comunes en el mango son; diferentes tipos de mosca de la fruta, ácaros, trips y escamas. Aunque en raras ocasiones estas plagas limitan la producción de frutos, cuando sus poblaciones aumentan ocasionalmente y es necesario aplicar medidas de control (Crane y Campbell, 1995). Las moscas de la fruta y los barrenadores de hueso generalmente no son consideradas una plaga importante debido a que en muy pequeñas proporciones algunos adultos causan daño cuando emergen de la pupa formando un canal a través del fruto; pero tiene una gran importancia económica debido a las restricciones cuarentenarias impuestas por Estados Unidos y otros países, debido al riesgo de introducción de estas plagas (Tabla 5) (Singh, 1989).

Tabla 5. Plagas comunes del mango.









Plaga	Nombre Científico	Síntomas	Control
	<i>Eriophyes mangiferae</i>	Viven protegidas dentro de las hojas en formación, su alimentación ocasiona la muerte del tejido.	Aplicaciones químicas de acaricidas.
	<i>Hypocryphalus mangiferae</i>	Este insecto perfora la corteza del árbol hasta el leño. También se considera vector de la enfermedad conocida como secamiento del mango.	Con aplicaciones de insecticidas sistémicos y de contacto.
	<i>Aulacapsis tubercularis</i>	Se localiza en las hojas que están sombreadas, al succionar la savia el piojo provoca que la planta se debilite.	Malathión 175 cm ³ con 2 litros de triona diluidos en 100 litros de agua.



Tabla 5. Plagas comunes del mango (continuación)

<p>Escama harinosa</p> <p>Escama Verde</p>	<p><i>Pseudococcus aonidiun</i></p> <p><i>Coccus manguiifera</i></p>	<p>Succionan la savia del árbol y producen excrementos azucarados que hacen al árbol susceptible a la fumagina. La producción es afectada en cantidad y calidad.</p>	<p>Amitraz 400 ml/ 200 litros.</p> <p>Las escamas tienen enemigos naturales que mantienen la población bajo control, tales como: <i>Leptomastoidea abnormalis</i> y <i>Anarhopus Sydneyensis</i>.</p>
			
<p>Gorgojo de la semilla</p>	<p><i>Sternochetus mangiferae</i></p>	<p>Los huevos son depositados bajo la piel. Las larvas traspasan la pulpa alcanzando la semilla dañando la pulpa del fruto.</p>	<p>Fumigación con Bromuro de Etilo.</p>
			
<p>Mosca de la fruta</p>	<p><i>Anastrepha ludens</i></p>	<p>Estas moscas ponen los huevos bajo la piel del fruto en su etapa maduro – verdosa. Cuando la fruta comienza a ablandar, las larvas se alimentan y destruyen la pulpa, ocasionando en ocasiones la madurez prematura del mango</p>	<p>Insecticidas fosforados.</p> <p>Trampas de proteína hidrolizada 5 / 100 m².</p> <p>Tratamiento hidrotérmico.</p>
			
<p>Polillas de las flores</p>	<p><i>Cryptoblabes gnidiella</i></p>	<p>Sus orugas atacan las flores, devorando pétalos y estambres y roen los ovarios con la consiguiente destrucción de los frutos</p>	<p>Un tratamiento anual con Lebaycid al 4% en primavera.</p>
			
<p>Trip de Cinta roja</p>	<p><i>Selenothrips rubrocinctus</i></p>	<p>Ataca a las hojas, las cuales se decoloran y secan reduciendo el vigor de la planta y volviéndose susceptible a desarrollar fumagina. Los árboles atacados por esta plaga reducen su producción y la calidad del fruto es menor.</p>	<p>Malathión (Endosulfan)</p> <p>Se recomienda tener limpia el área de cultivo.</p>
			

Fuentes: Crane y Campbell (1995); Singh (1989); Tandon y Shukla (1989); PROEXANT (1993); Perú Rural (2005); CCI (2005). Imágenes de: Ikisan (2000), Dorestes (1980), Silveira *et al.* (2006), CEDAF (2008), Infojardin (2004), CSIRO (2004).



2.9.1.2 Desórdenes Fisiológicos

Los desórdenes fisiológicos simplemente se refieren al colapso del tejido de la planta o de la fruta que no es causado ni por la invasión de patógenos, ni por daños mecánicos. Ellos pueden desarrollarse en gran medida como respuesta a un ambiente adverso, especialmente a la temperatura, o a la deficiencia nutricional durante el crecimiento y el desarrollo (Wills *et al.*, 1989).

Los mangos son susceptibles a varios desórdenes fisiológicos que suelen presentarse durante la maduración y afectan la calidad de la fruta (Tabla 6). Estos desórdenes pueden considerarse inducidos o inherentes. Se consideran desórdenes inducidos, los daños por frío o la maduración desordenada que se presentan debido a malas condiciones de almacenamiento como bajas temperaturas o alta concentración de CO₂ (Chaplin, 1989).

Tabla 6. Desórdenes fisiológicos del mango

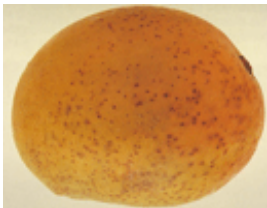
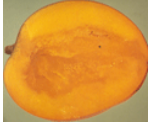
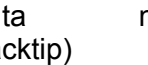

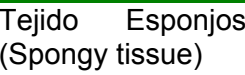
Desorden Fisiológico	Causas	Síntomas	Control
Daño por frío (Chilling injury) 	Almacenamiento a temperaturas menores a 10° C	Los síntomas aparecen hasta que el fruto se almacena a mayor temperatura y son: Decoloración interna y externa, maduración irregular, pobre desarrollo de sabor y color, el fruto presenta una mayor susceptibilidad a enfermedades y otros daños.	Aplicación de tratamientos con altas temperaturas (36 a 40°C) aumentan la tolerancia de los tejidos al frío.
Nariz Blanda (Soft-nose)	Es común en suelos ácidos con bajo contenido de calcio	Ablandamiento anormal de la pulpa en la parte distal del fruto. Sobremaduración de la pulpa que rodea a la semilla. Áreas de tamaño variable de un color gris – negruzco y apariencia esponjosa en la pulpa.	Aplicación de calcio en el árbol. Evitar que los frutos maduren en el árbol.



Tabla 6. Desórdenes fisiológicos del mango (continuación)

Desorden Fisiológico	Causas	Síntomas	Control
Pudrición interna 	Se desconoce la causa	Cuando el fruto madura, la pulpa muestra un avanzado estado de descomposición. En la parte del pedúnculo aparecen necrosamientos.	No hay trabajos reportados
Punta negra (Blacktip) 	Debido a gases como dióxido de azufre y monóxido de carbono.	El síntoma más notable es el amarillamiento de la piel en la punta de mango, seguido de la aparición de manchas grises que se vuelven de color café y provocan que toda la punta del fruto se observe de colores café y negro.	Controlar la exposición a los mencionados gases.
Punta quemada (Tip burn) 	Niveles bajos de humedad o alta saturación de sales	Las hojas y flores presentan necrosis cerca de los bordes	Evitar fluctuaciones de humedad en el suelo y encharcamientos, aspersión para lavar las sales en la zona de las raíces.
Tejido Esponjoso (Spongy tissue) 	El calentamiento en pre y poscosecha debido a la formación de corrientes de aire.	Se presenta como tejido blanco con apariencia de corcho ligeramente seco en la pulpa entre la piel y el hueso de mangos maduros. En la pulpa, aumenta el pH, disminuye la acidez, el contenido de β -carotenos, azúcar y ácido ascórbico.	Cubriendo el suelo del huerto con vegetación se evita el calentamiento. Cosechando un poco antes y madurando con etileno.

Fuentes: Crane y Campbell (1995); CCI (2005); Mitra y Baldwin (1997); Barret *et al.* (2005a); Lad *et al.* (1985); Amin (1967); Katrodia (1989); Zambrano y Materano (1999); Couey (1986).
 Imágenes recopiladas de: Kader (2007); Hillston (2006).

Los desórdenes fisiológicos poscosecha inherentes del mango son más difíciles de estudiar debido a que se presentan de manera intermitente y son impredecibles; los factores que predisponen estos desórdenes se presentan durante el periodo precosecha (Mitra y Baldwin, 1997).



2.9.1.3 Enfermedades.

La enfermedad en una planta consiste en una serie de procesos fisiológicos dañinos, causados por la irritación continua de una planta por un agente primario (Whetzel, 1935). Se manifiesta por una actividad celular enfermiza y está expresada por condiciones morfológicas e histológicas llamadas síntomas.

La enfermedad comienza con la primera respuesta dañina y termina cuando la planta cesa de responder a la acción del patógeno o muere por sus efectos (Boothroyd y Roberts, 1978).

Los frutos del mango son afectados por diversas enfermedades que reducen la cantidad y calidad de la producción ocasionando cuantiosas pérdidas (Tabla7).

En poscosecha se incrementa la susceptibilidad de los frutos, debido principalmente a los cambios fisiológicos que se presentan en los frutos durante la maduración que facilitan el desarrollo de patógenos. Según estudios realizados en Sinaloa, las enfermedades más importantes en mango son causadas por los hongos.

En precosecha son críticas en las etapas de floración y amarre de frutos (Allende-Molar, 2002). La rápida maduración de los mangos y su poca tolerancia a las bajas temperaturas son factores que limitan su vida de almacén y fomentan el desarrollo de enfermedades poscosecha.

La enfermedad más importante causante de pérdidas en mango es la antracnosis (Mitra y Baldwin, 1997).

El inoculo es una parte del patógeno capaz de iniciar un ataque, este puede permanecer inactivo o desarrollarse inmediatamente iniciando la penetración entrando a través de heridas o aberturas naturales de las plantas.

La inoculación es el transporte del inoculo a una zona de infección (Boothroyd y Roberts, 1978). El control de enfermedades poscosecha en mango puede lograrse al combinar la aplicación de fungicidas en pre y poscosecha, mantener la higiene del huerto y una adecuada temperatura de almacenamiento (Allende-Molar, 2002).



Tabla 7. Enfermedades del mango











Enfermedad	Agente Causal	Síntomas	Control
<p>Antracnosis</p> 	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Manchas hundidas de color negro en la superficie del fruto. Las manchas negras se convierten en agujeros debido a la destrucción de los tejidos. Ataca también ramas, flores y hojas.	<p>Tratamiento hidrotérmico a 46 °C entre 60 -120 min ó 48 °C por 60 min.</p> <p>Sales de cobre.</p> <p><i>Bacillus subtilis</i> 10⁷ ufc / ml.</p>
<p>Fumagina</p> 	<i>Meliolo mangiferae</i> E.	Se reconoce por la presencia de polvillo u hollín de color negro que cubre de manera parcial o total las ramas y hojas. Interfiere con la fotosíntesis y la formación de azúcares, los frutos suelen presentar decoloración.	Malathión 175 cm ³ con 2 litros de triona diluidos en 100 litros de agua.
<p>Malformación</p> 	<i>Fusarium subglutinans</i>	Puede ser vegetativa en plantas de vivero generando hojas enanas y la floral inicia con la reducción de la inflorescencia dando lugar a flores estériles.	<p>Poda del material afectado y quema del mismo para evitar diseminación.</p> <p>Control de ácaros</p> <p>Tiabendazol 0.1 %</p> <p><i>Trichoderma koningii</i> 10⁸ ufc / ml.</p>
<p>Mancha negra</p> 	<i>Alternaria alternata</i>	En el envés de las hojas aparecen manchas negras y en los frutos aparecen en el inicio de la maduración pequeñas manchas circulares que se agrandan y generan una mancha única que puede cubrir más de la mitad del fruto y penetrar la pulpa que se obscurece y ablanda.	<p>Aplicación de cuatro aspersiones de Maneb a dosis de 2.5 g/l después de tres semanas del cuajado de los frutos.</p> <p>Poscosecha la aplicación de Procloraz en dosis de 9 a 10 g/l.</p>
<p>Mancha negra bacteriana</p> 	<i>Xantomonas campestris</i>	El síntoma típico se manifiesta en el tronco en forma de chancros negros longitudinales con exudados de resina que también aparecen en hojas y frutos.	<p>Poda sistemática de brotes infectados.</p> <p>Aspersiones cúpricas.</p>



Tabla 7. Enfermedades del mango (continuación)

Enfermedad	Agente Causal	Síntomas	Control
Marchitez 	<i>Verticillium albo-atrum</i>	Este hongo marchita el árbol, suele estar latente durante 15 años. El daño se presenta en el sistema conductor vascular del árbol provocando una muerte lenta del mismo.	Evitar la siembra de mangos en terrenos donde se hayan desarrollado cultivos intensivos de hortalizas.
Mildíu u Oidio del mango 	<i>Oidium mangiferae</i>	Las flores y hojas quedan cubiertas de un polvo blanquecino grisáceo con olor a moho que no se abren y caen. Produce cuarteado en la piel de los frutos y caída de los más pequeños.	Aplicaciones de azúfre. Polisulfuro de potasio. <i>Cryptococcus</i> sp. 10 ⁷ ufc / ml.
Pudrición del pedúnculo 	<i>Lasiodiplodia</i> sp., <i>Dothiorella</i> sp., <i>Citosphaera mangiferae</i> <i>Pestalotiopsis</i> sp.	La lesión se ubica principalmente en el pedúnculo. Se presentan áreas difusas de aspecto húmedo que crecen en forma de dedo, la epidermis afectada se rompe y un líquido de color café fluye de las heridas abiertas.	Sales de cobre. <i>Trichoderma hamatum</i> 10 ⁸ ufc/ml.
Roña o Sarna del mango 	<i>Elsinoe mangiferae</i>	Las lesiones se presentan en frutos jóvenes, son grises a café grisáceo con márgenes oscuros e irregulares; estas crecen mientras el fruto se desarrolla, dando una apariencia corchosa y agrietada	Benomyl. Thiabendazole. Sales de cobre. <i>Bacillus</i> sp. 10 ⁷ ufc / ml
Seca del mango 	<i>Ceratocystis fimbriata</i> , normalmente asociada al insecto vector <i>Hypocryphalus mangiferae</i>	Se presenta marchitez amarillamiento, y muerte de hojas y ramas. Puede causar la muerte del árbol.	Realizar podas de limpieza. Quema de ramas marchitas. Aplicación de fungicida en los cortes realizados.

Fuentes: Allende-Molar (2002); Morales (2005); Morton (1987); Crane y Campbell (1995); Perú Rural (2005); PROEXANT (1993); CCI (2005). Imágenes recopiladas de: Agrobiológica (2007); Howard (2002); Leonel y Simoes (2006); Swart (2003); FAO (2007); Schuster (2006); Cavalcanti (2005).



2.9.1.3.1 Antracnosis en mango.

Esta enfermedad es probablemente la enfermedad más importante en todos los sitios de producción de mango. Algunos síntomas son: las flores se tornan negras, casi todas las inflorescencias son destruidas y se caen los frutos pequeños. En los frutos desarrollados se manifiestan manchas hundidas de color negro en la superficie del fruto y se presenta una maduración prematura (figura 9) (Becerra, 1995; CCI, 2005).

La antracnosis se presenta en todas las etapas fenológicas del cultivo y causa pérdidas considerables en precosecha y poscosecha (Cook, 1975). En México esta enfermedad se encuentra diseminada en todos los estados productores de mango, con ataques destructivos en floración, fructificación y poscosecha (Becerra, 1995). Para que la enfermedad se desarrolle es necesario un nivel de humedad relativa mayor al 95 %, por lo cual la enfermedad es más severa en periodos húmedos (Mena *et al.*, 2001).



Figura 9. Antracnosis en mango

Fuente: Kader (2007)

El decaimiento de frutos en poscosecha por el ataque de hongos patógenos, particularmente *Colletotrichum gloeosporioides* es el mayor problema en frutos tropicales y subtropicales como el mango. Este patógeno infecta frutas inmaduras y no causa ningún daño hasta la madurez cuando causa un decaimiento extensivo (Prusky, 1996). Los cambios fisiológicos durante la maduración propician el ablandamiento de tejidos y permiten el desarrollo de síntomas de decaimiento (Prusky *et al.*, 1984).

Esta enfermedad es responsable del 20 % de las pérdidas poscosecha en mango. Una de las causas de la alta incidencia de la antracnosis es la capacidad de *C. gloeosporioides* de sobrevivir como saprofito, lo cual propicia que exista inóculo disponible durante todo el ciclo productivo (Ceciliano y Vinicio, 1996).



2.9.1.3.1.1 Etiología

La antracnosis es causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* que en su forma sexual corresponde a *Glomerella cingulata*, tiene un número importante de hospederos, ya que se han encontrado 22 especies (Webstern, 1980; Mitra y Baldwin, 1997).

Es un hongo imperfecto que forma sus conidios dentro de una cavidad forrada por tejido fúngico, los conidios se forman a partir de hifas separadas o agregadas. La familia de este hongo esta formada por muchas especies que causan antracnosis.

El género *Colletotrichum* es uno de los más importantes y difundidos en la naturaleza debido a la gama de hospedantes en los que se presentan, tiene conidios alongados, hialinos y aseptados. La morfología de los apresorios de este hongo se utiliza para la identificación de especies: los apresorios son de color café, pueden ser de borde entero o irregular además de simples o con germinación múltiple para producir columnas de varios apresorios conectados. *C. gloeosporioides* es uno de los hongos más diseminados en todo el mundo, es patógeno de muchas plantas diferentes (hasta el momento 470 hospederos). El hongo (*C. gloeosporioides*) pertenece a la siguiente clasificación taxonómica (Herrera y Ulloa, 1998):

Reino:	<i>Fungi</i>
División	<i>Eumycota</i>
Subdivisión	<i>Deuteromycota</i>
Clase:	<i>Coelomycetes</i>
Orden:	<i>Melanconiales</i>
Familia:	<i>Melanconiaceae</i>
Género:	<i>Colletotrichum</i>
Especie:	<i>gloeosporioides</i>

2.9.1.3.1.2 Penetración del patógeno

El patógeno puede pasar a través de dos fases en un ciclo, patogénesis y supervivencia. En la patogénesis, el hongo se encuentra asociado con los tejidos vegetales donde produce la enfermedad y se presentan cuatro etapas: 1) Producción y dispersión del inóculo, 2) Inoculación de las plantas sensibles, 3) Penetración del patógeno y 4).- Infección y enfermedad (Boothroyd y Roberts, 1978).



C. gloeosporioides está clasificado como hemibiotrófico, los cuales se desarrollan primero como biotrófico antes de iniciar el crecimiento necrotrófico y matar al hospedero. El proceso de penetración se ilustra en la figura 10.

La espora (S) forma un pequeño tubo de germinación, que la distingue del apresorio (A). La hifa de penetración (PE) se desarrolla transformando la presión interna en fuerza mecánica para penetrar la cutícula de la pared celular. La hifa de penetración se hincha para formar una vesícula (V) y se extiende a la hifa primaria (PH), que es rodeada por la membrana plasmática vegetal invaginada.

El protoplasma hospedero permanece vivo durante la etapa biotrófica (1) y una matriz interfacial separa el protoplasma del hongo y el huésped (amarillo). Uno o dos días después de la penetración, la membrana plasmática vegetal empieza a desintegrarse (2). Nuevas células del huésped son colonizadas por hifas primarias, la sucesión de una fase biotrófica transitoria, seguida de la muerte celular se repite (3) (Mendgen y Hahn, 2002).

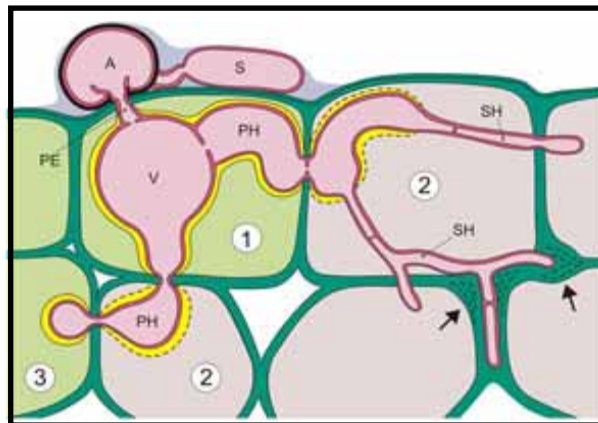


Figura 10. Mecanismo de penetración de *C. gloeosporioides*

Fuente: Universidad Konstanz (2005)

Las hifas del hongo secretan enzimas y otras sustancias que al difundirse en los tejidos circundantes afectan la integridad física y fisiológica de las células. Primero afectan la permeabilidad de las células del fruto, por lo que estas pierden agua y azúcares más fácilmente; después se pierde el control sobre las funciones metabólicas normales, originando un aumento en la respiración y, posteriormente empiezan a actuar las enzimas extracelulares del hongo, que pueden degradar la pared celular. Estos hongos están adaptados para producir estructuras de latencia (esporas) para sobrevivir como saprobios en el suelo (Herrera y Ulloa, 1998).



2.9.1.3.1.3 Ciclo de vida

Los ciclos de vida de los hongos varían ampliamente, la mayoría pasan a través de una serie de etapas que son bastante similares. El hongo *Colletotrichum gloesporioides* tiene una etapa asexual durante la cual se forman conidios que contienen un núcleo haploide. El conidio al germinar, produce micelio septado haploide (hongos imperfectos). Las hifas producen de nuevo esporas haploides o puede fusionarse con otra hifa para producir un micelio heterocarionte en la que los núcleos se fusionan para formar un núcleo diploide denominado cigoto, este proceso se denomina ciclo parasexual; es el mecanismo a través del cual estos hongos obtienen variabilidad genética en células somáticas y que además se presenta en cualquier etapa del ciclo vida.

Ciclo asexual de hongos imperfectos:

haploide → micelio haploide → espora haploide

La fase asexual, puede repetirse varias veces en cada estación de crecimiento (Agrios, 1995).

2.9.1.3.1.4 Sintomatología

Los síntomas son las manifestaciones de las reacciones fisiológicas de las plantas a las actividades dañinas del agente causal. Los síntomas detectables externamente son llamados síntomas morfológicos y son comúnmente detectados visualmente. Las lesiones generadas por el desarrollo de la enfermedad se conocen como necrosis; se caracterizan por la degeneración del protoplasma, seguida por la muerte de las células, tejidos y órganos (Boothroyd y Roberts, 1978).

El hongo afecta hojas, ramitas, inflorescencias y frutos ocasionando en estos últimos importantes daños que afectan su calidad (figura 11). En hojas viejas se presentan manchas pardo oscuras o marrón con halo amarillo; las hojas jóvenes muestran manchas pequeñas de color oscuro que aparecen del ápice y los bordes hacia el centro de la lámina foliar y que pueden formar áreas necróticas más extensas que impiden la fotosíntesis o provocan su caída. En las ramas nuevas se observan manchas necróticas, y conforme avanza la infección se desfolian, se van secando y adquieren un color oscuro (Páez, 2004).



Sobre las panículas aparecen manchas marrón oscuro que ocasionan la caída de flores y frutos recién cuajados. Los frutos en desarrollo toman una coloración oscura y se momifican para posteriormente caer (Páez, 2004).

Antes de que el síntoma típico de daño por *C. gloeosporioides* se manifieste en los frutos en desarrollo se observan manchas translucidas de 0.5 a 1.0 mm que posteriormente cambian a café oscuro. El síntoma de antracnosis en campo se manifiesta por manchas redondas o irregulares de color café oscuro y hundido que en condiciones de alta humedad relativa pueden coalescer. En poscosecha este síntoma adquiere importancia si no se eliminan los frutos con lesiones pequeñas durante la selección (Campos, 1987).

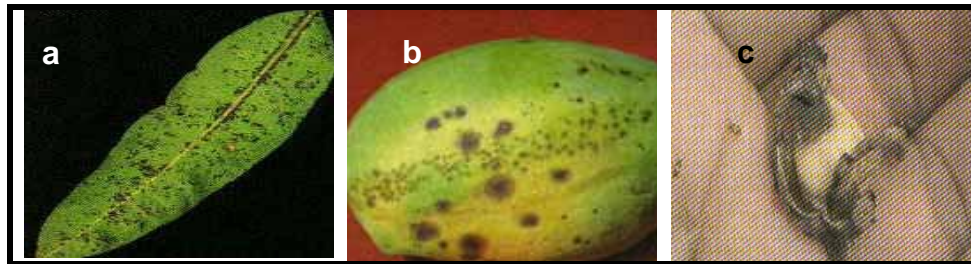


Figura 11. Síntomas de Antracnosis en (a) hojas (b) frutos (c) flores de mango

Fuente: Páez (2004); Kader (2007).

Al realizar estudios histológicos del desarrollo de la enfermedad, se ha observado que; cuando la lesión se inicia, el daño se presenta en una pequeña área de células del exocarpio, donde se aprecia el depósito de polifenoles en la paredes celulares de células muertas y en espacios intercelulares. Conforme la lesión se desarrolla, la proporción de células muertas es mayor y muchas colapsan.

La muerte y colapso celular abundante dan el síntoma externo típico de la antracnosis. En un estado temprano del desarrollo de la infección no se encontró micelio del hongo en el interior de las células de la epidermis, exocarpio y mesocarpio. Posteriormente se observaron los acérvulos del hongo (Zamora *et al.*, 2001).

Las lesiones por *C. gloeosporioides* se han clasificado como infecciones latentes debido a que en frutos inmaduros el hongo permanece en latencia en estado de apresorio. Más tarde se encontró que, el apresorio emite su punta infectiva que permanece subcuticularmente hasta que el fruto empieza a madurar que es cuando coloniza el exocarpio y mesocarpio (Binyamini y Schiffmann-Nadel, 1972).



El estado latente de la infección se debe a la presencia de compuestos antifúngicos preformados que inhiben la colonización temprana del fruto por el hongo. En frutas en maduración estos compuestos disminuyen desarrollándose así la infección en el fruto (Zamora *et al.*, 2001).

Al producirse daño en los tejidos con la consecuente pérdida de estructura, se ponen en contacto enzima y sustrato provocando el obscurecimiento de tejido. En las lesiones por antracnosis se produce un desencadenamiento de reacciones químicas cuyos productos ocasionan la muerte celular y la oxidación de los polifenoles. Las manchas se originan por depósitos de polifenoles oxidados en las paredes celulares y los espacios intercelulares de células muertas (Zamora *et al.*, 2001).

2.9.1.3.1.5 Condiciones favorables

El hongo *C. gloeosporioides* se disemina a través de la película de agua formada por el rocío y las lluvias frecuentes. Estudios de laboratorio permitieron determinar que las esporas tienen mayor germinación a temperatura de 15 °C y humedad relativa por debajo de 95%, el apresorio (estructura de penetración) se forma 18 horas después en estas condiciones. La penetración es más eficiente con temperaturas de 25 °C, observándose lesiones a los 5 días. En el campo está establecido que la temperatura óptima de germinación de las esporas del hongo oscila entre 22 y 32 °C con óptima de 25 °C; las esporas presentes en las ramillas o en el suelo son viables después de dos años, en las ramas superiores después de 19 meses y en las hojas caídas después de 14 meses. Las condiciones de humedad mayores a 82% y las precipitaciones, favorecen el desarrollo de la enfermedad e intensidad de los ataques (Páez, 2004).

2.10 Tratamientos utilizados para el control de antracnosis

En poscosecha es cuando los daños por antracnosis se hacen evidentes y se presentan las pérdidas de producción, por ello se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para un mayor control (Páez, 2004).

- ✓ Hacer la cosecha con tijeras u otra herramienta, dejando una sección del pedúnculo que permita detener las infecciones.
- ✓ Evitar que los frutos se golpeen durante la recolección.
- ✓ Los frutos cosechados deben ser enfriados.



- ✓ El transporte a la empacadora debe hacerse con cuidado para evitar los golpes y magulladuras.
- ✓ Seleccionar los frutos para descartar los manchados, magullados, golpeados y pasados de madurez.
- ✓ Hacer lavado de los frutos aplicando un desinfectante autorizado.
- ✓ Aplicación de tratamientos poscosecha.

Debido al enorme porcentaje de pérdidas causadas por la antracnosis se han desarrollado diferentes tratamientos aplicados para el control de la enfermedad (Tabla 8).

Tabla 8. Tratamientos para el control de Antracnosis

Tipo de tratamiento	Condiciones	Descripción	Efecto	Fruto estudiado
Atmósfera controlada	3-5 % de O ₂ y 5-8 % de CO ₂ a 13 °C	Los frutos se almacenan en cámaras refrigeradas especiales donde se utilizan gases para crear la atmósfera de gases.	La vida útil se aumenta hasta un periodo de 3 a 6 semanas. Se inhibe el crecimiento y desarrollo de microorganismos causantes de enfermedades	Mango
	30 % de CO ₂ por 24 h.	Frutos recién cosechados son expuestos a una concentración constante de gas por un tiempo determinado.	Incrementan los niveles de un antifúngico presente de manera natural en el fruto el desarrollo de la enfermedad se disminuye.	Aguacate
Atmósfera modificada	Consiste en la creación de un micro ambiente alrededor del fruto, mediante la utilización de barreras que hacen más lento el intercambio gaseoso, lo cual afecta los procesos metabólicos.	Incluyen ceras y otros revestimientos de superficies, coberturas plásticas de baja permeabilidad, películas de alta permeabilidad, tecnología de barrido de CO ₂ , limpiadores y emisores de CO ₂ , absorbentes de etileno, sistemas de fácil abertura y resellado.	Reducción del daño por frío y antracnosis, además de disminuir la pérdida de peso.	Mango



Tabla 8. Tratamientos para el control de Antracnosis (continuación)

Tipo de tratamiento	Condiciones	Descripción	Efecto	Fruto estudiado
Químico	Benlate en dosis de 1g / L	Aplicación de aspersiones del fungicida	Control de antracnosis	Mango 'Kent'
Térmicos Altas temperaturas	Inmersión en agua caliente 50 °C ± 2 °C por 5 a 10 min. 46.1°C tiempo según el tamaño de la fruta de 60 – 90 min.	Los frutos son sumergidos en un baño con agua caliente. El tiempo depende del tamaño del fruto.	Disminución de los síntomas de antracnosis. Si se aplica correctamente se puede alargar la vida útil del fruto.	Mango
	Aire caliente forzado 43-47 °C con rango de tiempo entre 10 min a 6 h.	Se utiliza aire caliente		
	Vapor 43-47 °C con rango de tiempo similares a las de aire forzado	Se utiliza vapor como medio de calentamiento		
Térmicos Bajas Temperaturas	Almacenamiento en refrigeración a 17 °C	El Almacenamiento refrigerado puede inhibir infecciones latentes provenientes del campo	Mayor vida útil de los frutos, con niveles de antracnosis menores a 5% en incidencia	Papaya
Shock térmico	Agua a 4 °C por 15 a 30 min y luego inmersión en agua caliente	Los frutos son sometidos a cambios drásticos de temperatura	Control y reducción de síntomas de la antracnosis.	Mango y papaya
Térmico combinado con fungicidas	Agua a 53 °C por 3 min con 1000 µg/L de Benomyl	Los frutos son sumergidos en agua caliente con fungicidas, durante un tiempo preestablecido.	Disminuyó la incidencia de la enfermedad, no superando el 2% del área total del fruto.	Mango 'Haden'
	Agua a 53 °C por 3 min con 810 µg/L de Prochloraz			
	Agua a 53 °C por 3 min con 510 µg/L de Imazalil			



Tabla 8. Tratamientos para el control de Antracnosis (continuación)

Biológicos	<i>Rhodotorula minuta</i> 108 ufc / ml + <i>Bacillus subtilis</i> a 108 ufc / ml	Antagonismo con <i>C. gloeosporioides</i>	Disminución de la incidencia de la enfermedad	Mango 'Kent'
	<i>Bacillus subtilis</i> a 106 ufc / ml			
	Esporas de <i>Bacillus subtilis</i> 104 y 106 esporas / g			
Hormonales	Aplicación de vapor de Metil-jasmonato en concentración de 10^{-4} y 10^{-5} M por 8 h	En un sistema cerrado los frutos son expuestos a los vapores generados por papeles filtro empapados en una solución de metil – jasmonato.	Activa la defensa del fruto contra condiciones que generen estrés al fruto como infecciones y daños por frío.	Guayaba
Radiación γ	Radiación γ de 100 Gray a 18 °C	Los frutos son sometidos a radiación ionizante con un irradiador JS6500 con fuente de Cobalto 60.	Los frutos presentaron acumulación de fenoles.	Aguacate
Radiación UV-C	Luz UV-C 5×10^3 J/m ²	Los frutos fueron expuestos a luz UV-C colocando los frutos a 25 cm de la fuente de luz.	Se activan los mecanismos de defensa del fruto reduciendo con esto los daños por ataques fúngicos	Limón
	Luz UV-C 1.26mW/cm ² combinado con <i>D. hansenii</i> 10^8 células/ml	Los frutos son irradiados y posteriormente inoculados con un antagonista	Reducción del porcentaje de daños siendo sólo de 12% en los frutos tratados	Durazno
	Luz UV-C por 10 min.	Los frutos fueron expuestos a luz UV, colocando los frutos a 15 cm de la fuente de luz.	El tratamiento reduce los síntomas de decaimiento y mantiene la calidad poscosecha del fruto, promueve la síntesis de poliaminas.	Mango 'Tommy Atkins'

Fuentes: Mena (2001); Kader (2002); Carrillo (2003); Carrillo (2004); Páez (2004); Thompson (2003); Parry (1995) Gonzalez-Aguilar *et al.* (2004a); Ardi *et al.* (1998); Yehoshua *et al.* (1992); Stevens *et al.* (1997); González – Aguilar *et al.* (2004b); González – Aguilar *et al.* (2001); Arévalo-Galarza *et al.* (2002).



2.10.1 Radiaciones

La radiación se refiere al fenómeno físico en donde la energía viaja a través del espacio o de la materia (Lagunas, 1995). Es una parte natural del medio ambiente, incluyendo nuestros cuerpos, originada por los isótopos radiactivos naturales provenientes del Uranio, pero que también puede provenir del espacio exterior. Es la transferencia de energía a través del espacio en forma de: Luz, calor u ondas de radio (Olvera, 2007).

La idea de la posible aplicación de la radiación en la destrucción de microorganismos es tan antigua como el descubrimiento de la radioactividad (1895), cuando en 1904 Prescott observó el efecto de los rayos gamma del radio sobre hongos, levaduras, bacilos, etc. Pero no es hasta 1954 cuando el Ejército de los Estados Unidos comenzó un programa de esterilización de alimentos con el objeto de prolongar su higiene durante meses a temperatura ambiente. Desde entonces, se han invertido millones de dólares para comprobar la factibilidad de los alimentos tratados por irradiación, es decir, su inocuidad desde el punto de vista toxicológico, nutricional y económico (Urrutia, 1996).

La radiación se refiere a radiaciones electromagnéticas. Dentro del espectro electromagnético (figura 12) las longitudes de onda más cortas son más nocivas para los sistemas biológicos. Además, esta se define en términos de frecuencia e intensidad, es decir; la emisión y propagación de energía bajo forma de ondas o de partículas.

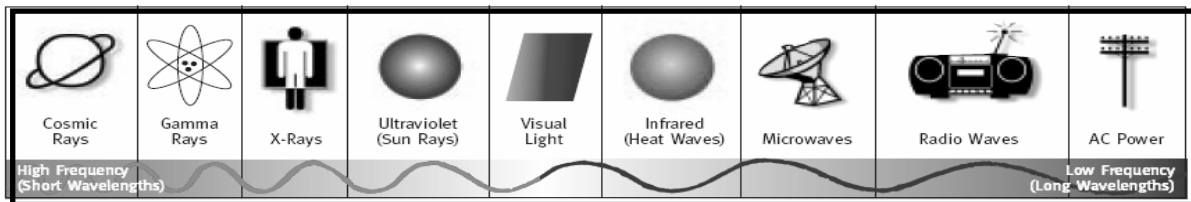


Figura 12. Espectro electromagnético

Fuente: Olvera (2007).

Existen dos categorías de radiación: ionizante y no ionizante.

La radiación ionizante se emite por estructuras atómicas radiactivas, bajo la forma de partículas energizadas (alfa, beta, protones y partículas de neutrones) que imparten energía a través de la colisión con otras estructuras o como los rayos de alta energía electromagnética, rayos X ó gamma. Es capaz de llevar electrones fuera de sus orbitas normales (Calderón, 2001).



2.10.1.1 Radiación ionizante

Existen diferentes tipos de radiaciones ionizantes que son: radiaciones alfa (α), radiaciones beta (β), radiaciones gamma (γ), neutrones y rayos X.

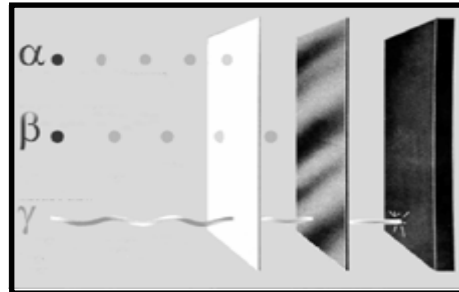


Figura 13. Poder de penetración

Fuente: Cano (2006).

Radiación Alfa: Son poco penetrantes, se detienen con dos o tres centímetros de aire o una delgada hoja de papel. No producen problemas de exposición como radiación externa, pero representan alto riesgo como contaminación interna (vía digestiva, respiratoria y cutánea).

Radiación Beta: Son electrones. Su capacidad de penetración es mayor que las partículas Alfa, se necesitan algunas decenas de metros de aire o algunos milímetros de aluminio para detenerlas.

Radiación Gamma: Es energía electromagnética pura, capaz de propagarse por el espacio e interactuar con la materia. Los rayos gamma son ondas electromagnéticas de la misma naturaleza que las microondas, ondas de radio, luz visible, etc. La diferencia está en su longitud de onda, que es muy corta y no posee masa ni carga eléctrica. Tiene gran poder de penetración, los mejores blindajes son los de plomo y hormigón.

Neutrones: Son muy penetrantes, pueden ser detenidos por hidrógeno o materiales que contengan parafina sólida, acrílico, etc.

Rayos X: Son protones altamente energéticos, obtenidos utilizando un haz de electrones que incide directamente sobre un metal de alta densidad, los electrones son absorbidos por los átomos del metal y se emiten protones de alta energía (rayos X), los que se utilizan en medicina, industria e investigación (González, 2007; Olvera, 2007; Barret *et al.*, 2005b).

Las fuentes de radiaciones ionizantes pueden clasificarse en dos tipos: mecánicas (dependientes de la energía eléctrica) y sustancias radioactivas (emisoras espontáneas de radiaciones).



Las sustancias radioactivas que pueden utilizarse para tratar alimentos son: el Cobalto⁶⁰ (Co⁶⁰) y el Cesio¹³⁷ (Cs¹³⁷). Las radiaciones emitidas por estos radio isótopos tienen un poder de penetración adecuado para el tratamiento de alimentos (Senda *et al.*, 1996).

2.10.1.1.1 Aplicación en frutas y vegetales.

La irradiación es un proceso en el que se aplica esta energía a un material como el alimento para conservarlo destruyendo microorganismos, parásitos, insectos y otras plagas (Macrae, 1993). La Organización Mundial de la Salud define la irradiación como un proceso en el cual los alimentos son expuestos a niveles determinados de energía (Lagunas, 1995).

La irradiación de alimentos es un método físico de conservación, comparable a otros que utilizan el calor o el frío. Consiste en exponer el producto a la acción de las radiaciones ionizantes durante un cierto lapso, que es proporcional a la cantidad de energía que deseamos que el alimento absorba. Esta cantidad de energía por unidad de masa de producto se define como dosis, y su unidad es el Gray (Gy), que es la absorción de un Joule de energía por kilo de masa irradiada (Barret *et al.*, 2005b). Este sistema prácticamente no produce aumento de temperatura, por lo tanto, se considera tratamiento en frío. En los alimentos envasados, los microorganismos se reducen en número o se eliminan por completo, y si el material del que está hecho el envase es impermeable, los alimentos no se recontaminan (Urrutia, 1996).

Entre los objetivos principales de la irradiación de frutas y vegetales se tienen los siguientes:

- a) Retardar la descomposición microbiana
- b) Controlar la infestación por insectos
- c) Inhibir la germinación y retardar la senescencia.

La irradiación para el control de enfermedades poscosecha se complica debido a la posibilidad de deterioro de ciertas características físicas de la fruta, como su textura. Cada fruta responde diferente; sin embargo en general, se observan efectos positivos al emplear dosis de 0.5 a 3 kGy (Villalba, 1997). La mayoría de las frutas toleran tratamientos de irradiación a una dosis mínima de 0.25 kGy. Una dosis de 2.25 kGy normalmente es la óptima para frutas y vegetales pero pueden ocurrir cambios como: pérdida de firmeza, cambios en el sabor o aceleración del proceso de maduración (Lacroix, 2000).



Tabla 9. Aplicaciones de la irradiación ionizante

Dosis	Efecto	Aplicación
Bajas (menores a 1 kGy)	Inhibición de la brotes	Papas, cebollas, ajos
	Eliminación de plagas	Frutas frescas y deshidratadas
	Retraso de maduración	Plátanos, mangos, papayas y
Medias (1 a 10 kGy)	Eliminación de microorganismos	Fresas
	Mejorar las propiedades	Verduras deshidratadas
Altas (mayores a 10 kGy)	Esterilización industrial	Carne, aves y especias

Fuente: Bustos y Rocabado (1991).

Uno de los principales usos de la irradiación de alimentos es la destrucción de microorganismos que son causantes de la alteración o el deterioro del producto. La vida útil de frutas y vegetales puede prolongarse considerablemente combinando la refrigeración y dosis bajas de radiación que no alteran el sabor y la textura, lo cual hace de la irradiación un método eficiente que puede ayudar a reducir las pérdidas poscosecha (Morton, 1997). Se ha demostrado que la irradiación gamma es un tratamiento efectivo como técnica para eliminar los patógenos e insectos y de tal manera alargar la vida útil de algunas frutas como mango, papaya y plátano (Zhao *et al.*, 1996).

El proceso de irradiación es útil y deseable como una alternativa en la conservación de alimentos frescos y perecederos, con un mínimo de cambios en sus características. Existe un problema de aceptación social en relación al uso de radiaciones ionizantes y la seguridad de los consumidores: Los científicos están de acuerdo que este tratamiento puede prolongar la vida útil sin provocar problemas de seguridad o salud (Kader, 1986a).

La legislación en nuestro país (NOM-033-SSA1-1993) obliga a etiquetar los productos sometidos a irradiación utilizando el símbolo internacional de irradiación de alimentos, desafortunadamente muchas empresas rechazan utilizar el logotipo (figura 14).



Figura 14. Símbolo internacional de irradiación de alimentos

Fuente: Urrutia (1996).



Con relación a la irradiación de alimentos siempre ha existido una gran controversia, por ello es importante analizar los aspectos negativos y positivos de la irradiación de alimentos de una manera objetiva.

2.10.1.2 Radiación no ionizante

La radiación no ionizante no posee suficiente energía para causar ionización molecular, pero causa vibración y rotación de las moléculas, entre estas tenemos: la radiación con radiofrecuencia, microondas, infrarrojas, visible, ultravioleta (Calderón, 2001).

Respecto a las radiaciones no ionizantes, sus efectos sobre el organismo son de diferente naturaleza dependiendo de la banda de frecuencias en la que nos movamos. Las Radiaciones Ultravioletas (UV) pueden producir afecciones en la piel (eritemas) y conjuntivitis por exposición de la piel y los ojos, respectivamente. La Radiación Infrarroja puede lesionar la retina o producir opacidad del cristalino del ojo y daños en la piel por cesión de calor. Las Microondas son especialmente peligrosas por los efectos sobre la salud derivados de la gran capacidad de calentamiento que poseen, al potenciarse su acción cuando inciden sobre moléculas de agua que forman parte de los tejidos. Con menor facilidad logran el efecto de calentamiento de los tejidos las ondas electromagnéticas correspondientes a la Radiofrecuencia. La radiación Láser, consiste en un haz direccional de radiación visible, ultravioleta o infrarroja, diferenciándose de ésta en que su emisión corresponde a una frecuencia muy concreta (dentro de la banda correspondiente) y no a una mezcla de varias, como ocurre cuando se habla de una radiación visible UV o IR (SSTMPE, 2007).

La radiación solar (figura 15) incluye la radiación ultravioleta (UV), visible (luz) y radiación infrarroja. Se caracteriza por su longitud de onda normalmente expresada en nanómetros (INM, 2006).

2.10.1.3 Radiaciones Ultravioleta (UV)

La radiación solar ultravioleta o radiación UV es una parte de la energía radiante del sol, se transmite en forma de ondas electromagnéticas en cantidad casi constante, su longitud de onda fluctúa entre 100 y 400 nanómetros. La radiación UV desempeña un papel importante en la determinación de las condiciones climáticas (SMA, 2006).

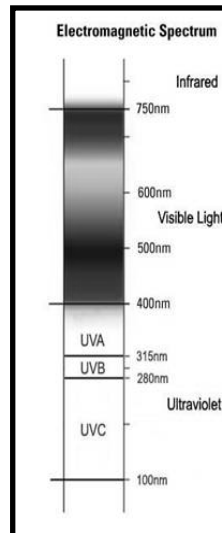


Figura 15. Espectro electromagnético de la radiación solar

Fuente: GreenFacts (2006).

La radiación UV tiene una frecuencia energética suficiente para excitar las moléculas. La longitud de onda más eficaz para la destrucción de microorganismos está próxima a los 260 nm. La baja cantidad de energía es absorbida por las moléculas, que una vez excitadas realizan reacciones potencialmente letales para los microorganismos (ICMSF, 1980).

Johannes Ritter descubrió que el sol, además de luz visible, emite una radiación invisible de longitud de onda más corta que el azul y el violeta. Esa banda recibió el nombre de “ultravioleta” dividida en tres subregiones:

UV-A. Es la continuación de la radiación visible y es responsable del bronceado de la piel; alcanza totalmente la superficie terrestre ya que no es retenida por la atmósfera. Su longitud de onda varía entre 320 y 400 nanómetros.

UV-B. Llega a la tierra muy atenuada por la capa de ozono; el 90% se bloquea por el ozono y el oxígeno de la atmósfera. Es llamada también UV biológica, se encuentra entre 280 y 320 nm y es muy peligrosa. Daña el ADN de las células y puede causar defectos genéticos en las superficies externas de plantas y animales. En caso de exposiciones prolongadas daña la piel y los ojos; causando cáncer de piel, melanoma, catarata.

UV-C. Es la más peligrosa, pero es absorbida totalmente por la atmósfera, se encuentra entre 100 y 280 nm (DMC, 2006; SMA, 2006).



2.10.1.3.1 Radiaciones UV-C

La irradiación ultravioleta puede ser letal a patógenos que afectan a plantas y humanos, lo cual es la principal razón de por qué esta técnica ha sido estudiada como agente desinfectante de comida, la agencia federal de drogas de los Estados Unidos (FDA) aprobó el uso de luz ultravioleta como desinfectante para el tratamiento superficial de alimentos. La irradiación con luz ultravioleta, en el rango de 240-260 longitudes de onda, podría ser más efectivo como tratamiento germicida en procesamiento de productos mínimamente procesados que otros desinfectantes comunes, tales como el cloro y el ozono (Allende y Artés, 2003).

La irradiación ultravioleta (UV-C) se utiliza ampliamente como una alternativa a la esterilización química, reduciendo el crecimiento de organismos vegetativos en productos alimenticios. La luz UV también induce estrés biológico en plantas así como mecanismo de defensa de los tejidos vegetales como la consecuente producción de fitoalexinas (Mercier, 1997). Recientemente, la irradiación UV-C ha sido considerada como un tratamiento alternativo para preservar la calidad de frutas y hortalizas (Maharaj *et al.*, 1999).

El modo de acción antimicrobiana de la UV-C reside en el daño que ésta provoca en el ADN de los microorganismos. Dicha mutación bloquea la réplica celular, y si este daño no es reparado, se produce la muerte celular (Mercier, 1997).

Los microorganismos se afectan por las radiaciones UV-C en las bases puricas y pirimidínicas de los ácidos nucleicos del ADN. La luz UV-C genera un enlace covalente con las moléculas de tiamina adyacentes, creando un estado conocido como un dímero de tiamina, bloqueando de esta forma las posteriores replicaciones de ADN. En general la mayoría de los microorganismos pueden superar el efecto de estos dímeros mediante la acción de enzimas que trabajan para insertar los nucleótidos adecuadamente mediante foto reactivación o reactivación oscura (Brock y Madigan, 1988). La luz UV-C se utiliza para controlar la presencia de esporas y el control de la propagación de microorganismos pero sólo en la superficie (ICMSF, 1980).

Algunos microbios pueden repararse cuando se exponen a la luz visible. La UV-C ha resultado eficaz como tratamientos poscosecha de frutas, reduciendo la severidad de patógenos latentes.



Quizás el punto más débil de la luz ultravioleta C es su pobre capacidad para penetrar, por lo que en la mayoría de los casos en la industria alimentaria su uso se limita a la desinfección de áreas de trabajo. Otro punto débil de la luz ultravioleta es el catalizar cambios oxidativos que resultan en rancidez y decoloración. Cuando se busca desarrollar un protocolo para la desinfección de frutas y hortalizas, quizás el factor más crítico es determinar la dosis que debe ser usada. Una dosis baja podría no ser efectiva, mientras que una muy alta podría reducir considerablemente el número de microorganismos pero podría reducir decoloración y acelerar la senescencia del producto. La dosis o niveles, de luz ultravioleta son afectados por la distancia de la fuente de la luz al producto y por el período de tiempo por el cual se expone el producto. En algunos casos varios minutos se requieren para lograr una reducción de patógenos, lo que podría provocar que la técnica no sea factible en algunas operaciones. Normalmente, se piensa en usar luz ultravioleta en hortalizas que permiten que la luz alcance la superficie del producto. En algunos casos, sin embargo, se ha logrado buenos resultados con productos procesados (Allende y Artés, 2003).

Se ha evaluado la efectividad de los tratamientos con radiaciones UV-C para mantener la calidad poscosecha de mangos 'Tommy Atkins' (González-Aguilar *et al.*, 2001); en la reducción del decaimiento de toronja (D'hallewin *et al.*, 2000), en la reducción de los daños por frío de duraznos durante el almacenamiento refrigerado (González-Aguilar *et al.*, 2004b), y en el control del decaimiento y daños por frío de pimiento rojo (Vicente *et al.* 2005). Además se ha reportado que exposición a bajas dosis de UV-C reduce el decaimiento postcosecha en cebollas (Lu *et al.*, 1987) papas (Stevens *et al.*, 1990) y zanahorias (Mercier y Arul, 1993).



3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el efecto del tratamiento con radiaciones UV-C en el control de Antracnosis y el contenido de fenoles totales en mango variedad 'Ataulfo' que permita alargar la vida útil y preservar la calidad.

3.2 OBJETIVOS PARTICULARES.

OBJETIVO PARTICULAR 1.

Seleccionar las condiciones para la aplicación de los tratamientos por irradiación UV-C en mango 'Ataulfo' que permitan preservar la calidad del fruto.

OBJETIVO PARTICULAR 2.

Evaluar los efectos del tratamiento UV-C en los parámetros de calidad (pH, acidez, sólidos solubles, firmeza, color, pérdida de peso) y fisiológicos (respiración) de mangos 'Ataulfo', almacenados a temperatura ambiente.

OBJETIVO PARTICULAR 3.

Determinar el efecto del tratamiento UV-C en el control de los síntomas de la antracnosis y en el contenido de fenoles totales del mango 'Ataulfo'.

OBJETIVO PARTICULAR 4.

Establecer la posible relación entre el contenido de fenoles totales y el índice de decaimiento en mangos 'Ataulfo' tratados con radiaciones UV-C.



4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Cuadro metodológico.

En la figura 16 se muestra la secuencia metodológica para cumplir con los objetivos generales y particulares planteados en el presente trabajo.

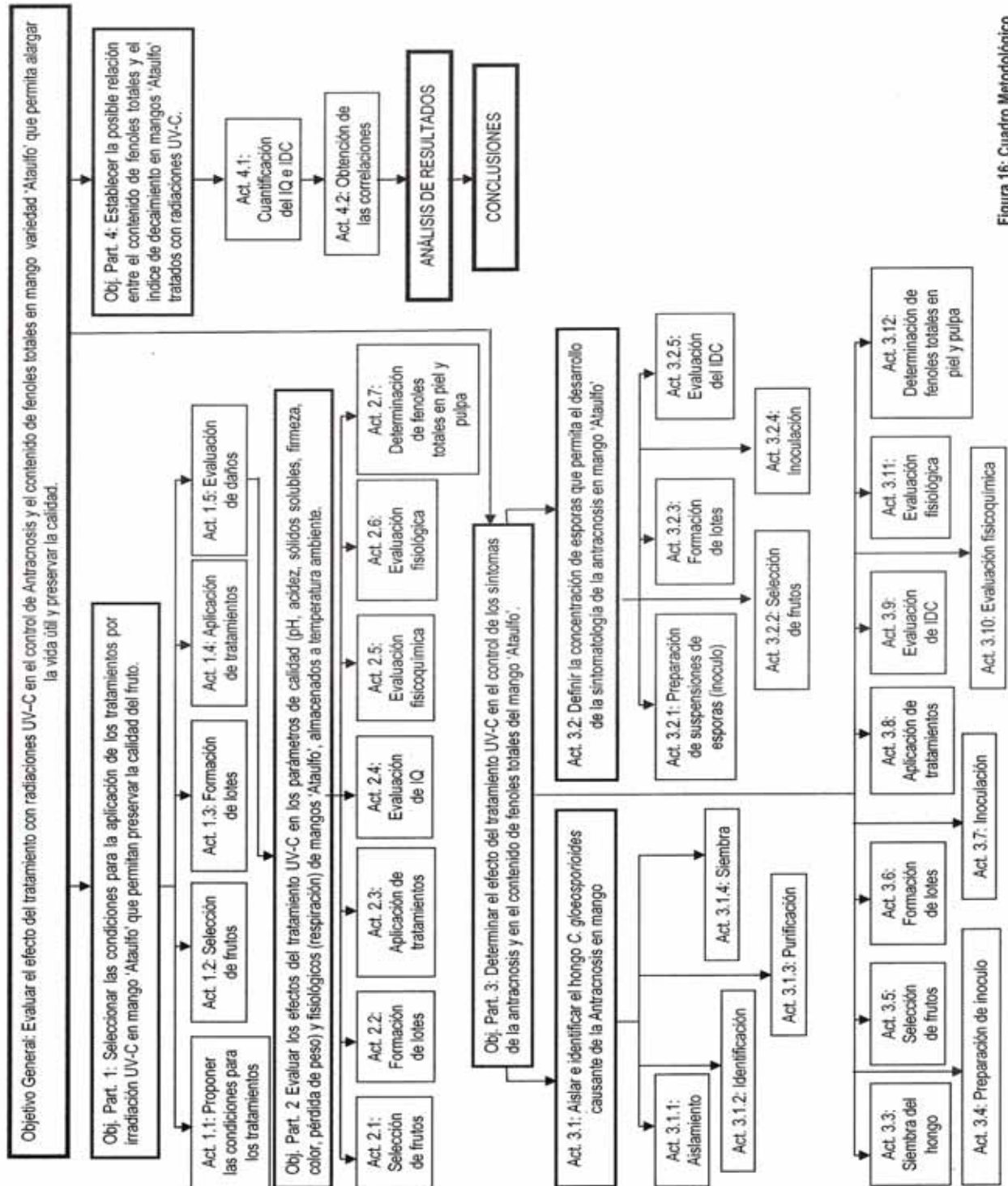


Figura 16: Cuadro Metodológico



4.2 Material biológico.

Se emplearon mangos de la variedad 'Ataulfo' provenientes del estado de Guerrero de las cosechas de Marzo a Junio de 2005, los frutos fueron adquiridos en la Central de Abastos de la Ciudad de México en su etapa preclimática y fueron transportados en huacales de madera envueltos en papel de estraza hasta el Laboratorio de Poscosecha de Productos Vegetales del Centro de Asimilación Tecnológica de la UNAM (figura 17).



Figura 17. Material biológico para experimentación.

4.3 Tratamiento de la muestra.

Para contar con lotes de frutos con características homogéneas se seleccionaron frutos con base al tamaño (diámetro longitudinal y ecuatorial) color, peso y sin evidencia de daños mecánicos, por insectos o enfermedades y con el mismo grado de madurez.

Los frutos se lavaron con agua aplicada por aspersión para eliminar la suciedad y fueron secados con corrientes de aire. Posteriormente fueron distribuidos en lotes de 12 y 10 frutos.

4.4 Evaluación de las características físicas, químicas y fisicoquímicas del mango.

Se determinaron las características físicas (diámetro, color, peso), químicas (humedad, azúcares, proteínas, cenizas, fibra cruda) y fisicoquímicas (pH, acidez, sólidos solubles) de acuerdo a las técnicas descritas en el apartado 4.14 del presente trabajo.

4.5 Sistema para aplicación de tratamientos por UV-C.

Para realizar los tratamientos por radiación UV – C se utilizó una cámara de 80 cm x 100 cm x 80 cm (figura 18) La cámara está provista de una lámpara germicida (marca Sankyo Denki, Modelo G15 T8) de 15 watts. De la radiación emitida por este tipo de lámparas el 82 % se encuentra dentro de la región del UV – C con longitud de onda de 250 – 280 nm (Erkan *et al.*, 2001). Dentro del espectro electromagnético la región de la irradiación UV-C se encuentra en la longitud de onda entre 100-280 nm (INM, 2006).



Figura 18. Cámara para tratamiento por UV-C.

Como medida de seguridad se utilizó una máscara industrial de policarbonato con filtros para gases y guantes (figura 19).



Figura 19. Equipo de seguridad

4.6 Establecimiento de las condiciones de los tratamientos por radiaciones UV-C.

Los tratamientos por radiaciones ultravioleta (UV-C) se realizaron dentro de la cámara de irradiación descrita en el apartado 4.5.

Para establecer las condiciones del tratamiento por UV-C lotes de 6 mangos fueron colocados en una superficie plana a una distancia de 15 cm de la lámpara (figura 20) y se realizó el tratamiento por ambas caras, girando los frutos 180 ° a la mitad del tiempo establecido para cada lote, propiciado una radiación completa en toda la superficie del fruto (González- Aguilar *et al.*, 2001). Los tiempos evaluados para cada tratamiento fueron: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 y 60 min. Al concluir los tratamientos los mangos fueron colocados en una campana de extracción de gases para remover el ozono que pudiera generarse durante la irradiación (González- Aguilar *et al.*, 2004b) (figura 21).

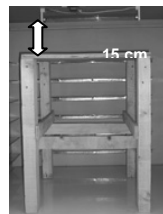


Figura 20. Superficie para aplicar tratamiento.



Figura 21. Campana para extracción de gases

Posteriormente los mangos fueron almacenados a 20 ± 1 °C y HR de 90 ± 5 % (Kader, 2002) para observarlos durante 10 días y seleccionar las condiciones adecuadas para los tratamientos. Los tiempos seleccionados fueron aquellos que no provocaron daño físico (quemaduras) en la superficie del fruto de manera evidente. Se evaluaron también la respiración, parámetros de calidad y el índice de quemaduras (IQ) en cada lote de frutos, de acuerdo a las técnicas analíticas descritas en el apartado 4.14.

4.7 Aislamiento, purificación e identificación del hongo.

Para estudiar la efectividad de los tratamientos por radiación UV-C en el control de la antracnosis fue necesario obtener la cepa del agente causal, que es el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* por lo cual se llevó a cabo el aislamiento, purificación e identificación del mismo.

4.7.1 Aislamiento.

Para el aislamiento del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* se utilizaron mangos que presentaron síntomas de antracnosis: manchas negras con hundimientos en la piel del fruto (figura 22)



Figura 22. Mangos de diferentes variedades con síntomas de antracnosis

Se realizaron cortes en las áreas afectadas en forma de cuadros de aproximadamente 5 mm de longitud por lado utilizando un bisturí flameado. A partir de muestras del tejido enfermo se aisló al hongo. Las muestras obtenidas fueron desinfectadas sumergiéndolas en una solución de hipoclorito de Sodio (NaOCl) al 2 % durante un minuto para de esta forma reducir el crecimiento de otros microorganismos. Posteriormente, se eliminó el exceso de líquido colocando los cortes sobre toallas de papel estéril (figura 23a).



Se realizó una siembra por superficie en agar papa dextrosa (figura 23b) y se incubó a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ durante siete días (figura 23c).

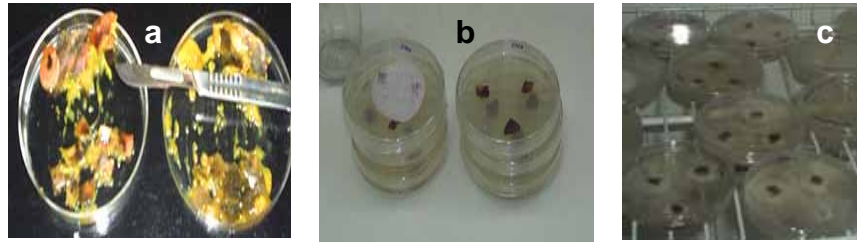


Figura 23. (a) Cortes de tejido enfermo, (b) Siembra en agar papa dextrosa, (c) Incubación.

Después de la incubación, las colonias obtenidas presentaron las siguientes características: en el centro se presentó crecimiento de micelio blanco alrededor de los cortes sembrados, en el margen de la colonia color café y por el reverso de la caja las colonias fueron de color ocre.

4.7.2 Purificación.

Para llevar a cabo la purificación del hongo se observaron las colonias formadas y se procedió a purificar aquellas que morfológicamente correspondieron al *Colletotrichum gloeosporioides*, causante de la antracnosis.

Para realizar la purificación se tomó una pequeña porción de las cepas obtenidas en el aislamiento (figura 24a) y con ayuda de una aguja de disección se realizó una siembra por superficie en tres puntos equidistantes en agar papa dextrosa (figuras 24b y 24c) y se incubó a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ durante siete días. Para prevenir la contaminación de las cepas purificadas, se preparó el agar papa dextrosa y se añadieron 50 mg de antibiótico clindamicina por cada 500 ml de medio.

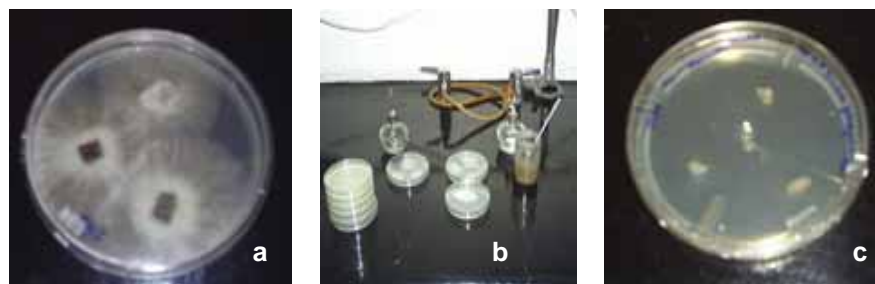


Figura 24. (a) Cepas obtenidas del tejido enfermo, (b) Material para resiembra, (c) Resiembra en PDA.



4.7.3 Identificación.

Para la identificación del hongo se realizaron microcultivos de las cepas purificadas anteriormente (figura 25). Se utilizó agar avena preparado según Ramírez (2003) y se realizaron cortes del agar ya solidificado de 1 cm² aproximadamente utilizando un bisturí esterilizado con calor seco. Los trozos de agar se colocaron dentro de la misma caja y se inocularon las cuatro esquinas del bloque de agar. Se colocó un cubreobjetos esterilizado sobre cada bloque previamente inoculado y se incubaron a 25 ± 1°C durante 48 horas.



Figura 25. Cepas purificadas de *C. gloeosporioides*.

Posteriormente los cubreobjetos fueron montados en portaobjetos agregando previamente una gota de alcohol polivinílico y se observaron en un microscopio compuesto (marca Olympus modelo BH-2). La formación de conidios y apresorios fueron características particulares que permitieron identificar al hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (figura 26 y 27).

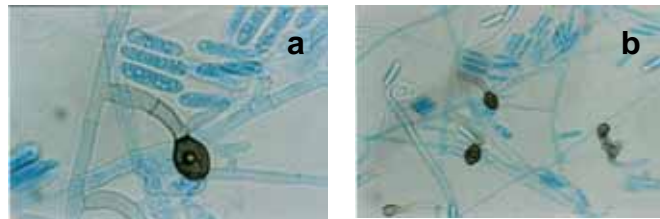


Figura 26. Fotografías microscópicas de conidios y apresorios del hongo *C. gloeosporioides* (a) 60X (b) 40X

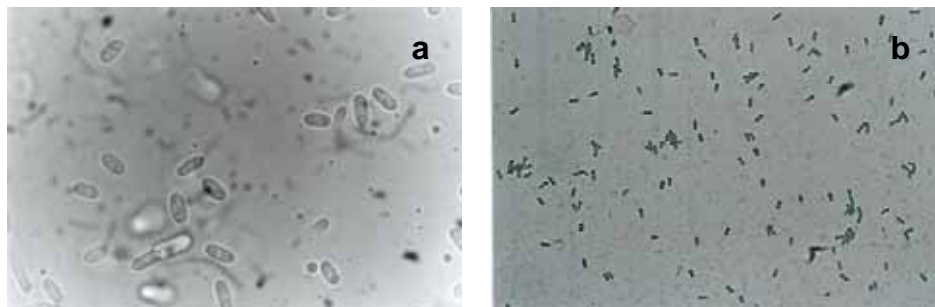


Figura 27. Fotografías microscópicas, conidios de *C. gloeosporioides*. (a) Obtenida del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina (b) Tomada en el CAT de la FES-C.



4.8 Preparación de la solución de esporas del hongo *Colletotrichum gloeosporioides*.

Después de haber identificado al hongo, se realizaron resiembras del mismo y se incubaron a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ durante siete días sometiéndolos a un foto-periodo que se realizó mediante la exposición del hongo a 12 horas de luz blanca y 12 de luz negra para propiciar la esporulación. Las colonias presentaron un crecimiento de micelio blanco y en el fondo de la caja se observó color salmón (figura 28).



Figura 28. Colonias esporuladas de *C. gloeosporioides*.

El inóculo, fue preparado adicionando 5 ml de una solución estéril de tween al 0.5% sobre las placas de agar con crecimiento del hongo. Se raspó toda la superficie de las colonias utilizando un bisturí estéril. El sobrenadante se filtró y se realizó dos veces en cada caja dicho procedimiento. De la suspensión de esporas se realizó un conteo con un hemacitómetro, el cual está formado por 4 campos divididos a su vez por 16 cuadros de dimensiones conocidas. Se obtuvo la concentración de esporas por mililitro de la suspensión inicial. Para realizar el conteo se colocó una gota de la suspensión en el centro del hemacitómetro y se colocó un cubreobjetos evitando la formación de burbujas y el derrame de la muestra, además de evitar que salieran de los campos de conteo, lo cual daría un resultado incorrecto. El conteo se realizó en cada uno de los 64 cuadros que forman el hemacitómetro y se sumaron las lecturas de cada uno de los cuatro campos, obteniendo cuatro sumatorias de las cuales se sacó el promedio (figura 29).

430				587				
35	33	23	24		27	29	19	19
39	29	21	25		23	26	14	24
29	30	25	28		26	35	25	23
21	21	26	21		27	28	20	20
29	41	20	31		13	18	26	12
46	42	30	20		23	19	23	17
27	50	45	25		20	12	21	23
17	29	23	36		21	12	6	12
521				278				

Figura 29. Esquema del hemacitómetro (ejemplo de conteo)



El promedio obtenido fue multiplicado por una constante que permite obtener la concentración de esporas por mililitro (Pérez, 2005).

$$\begin{aligned}\bar{x} \times C &= \text{esporas} / \text{ml} \\ C &= 2000\end{aligned}$$

La concentración inicial fue diluida para preparar el inóculo a la concentración requerida para cada experimento.

4.9 Inoculación de los frutos con la solución de esporas del hongo *C. gloeosporioides*.

Antes de realizar la inoculación de los frutos con la suspensión de esporas fue necesario lavarlos y desinfectarlos, para evitar que otros microorganismos de la superficie del fruto compitieran con el hongo; y se inhibiera la sintomatología de la enfermedad. Los mangos fueron colocados en canastillas de plástico con aberturas y posteriormente se les agregó agua por aspersión, utilizando un tanque con un dispositivo que permitió el controlar la salida de agua sin dañar al fruto (figura 30).



Figura 30. Equipo utilizado para lavar los frutos.

Posteriormente fueron desinfectados sumergiéndolos en una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 2 % y después de un minuto fueron enjuagados con agua estéril y secados con toallas de papel esterilizadas (figura 31).



Figura 31. Desinfección y secado de mangos.



El método para la inoculación de los frutos fue realizado por frotación de acuerdo a estudios previos en mango 'Manila' (Ramírez, 2003), donde se estableció el método más adecuado para el establecimiento del hongo. Los mangos fueron inoculados utilizando una gasa estéril empapada de la suspensión de esporas y se frotó toda la superficie del fruto (figura 32).



Figura 32. Material para inoculación.

Después de inocular los mangos fueron colocados en bolsas de cierre hermético para incubarlos durante 24 horas a 25 ° C y permitir que el hongo se estableciera en la superficie del fruto antes de ser sometido a los tratamientos.

4.10 Determinación de la concentración de inóculo que permita el desarrollo de antracnosis.

Para determinar la concentración de esporas necesarias para el desarrollo de antracnosis, se tomó en cuenta estudios realizados previamente en mango 'Manila' (Ramírez, 2003) y mango 'Keitt' (Espinosa y Hernández, 2006), lo cuales utilizaron concentraciones del inóculo de 180,000 conidios por mililitro. Para este caso, la bibliografía reporta que el mango 'Ataulfo' presenta una mayor resistencia a enfermedades y daños fisiológicos, por lo cual fue necesario determinar que concentración de inóculo permitía el desarrollo de la antracnosis en esta variedad de mango. Se propusieron 3 concentraciones de inóculo: 300,000; 600,000 y 900,000 conidios por mililitro, se utilizaron lotes de 10 mangos, se inocularon y se observaron durante 10 días para determinar que concentración permitía que se desarrollará la sintomatología de la antracnosis. Se observaron los frutos y se estableció la concentración que permitió un desarrollo de la enfermedad similar al observado en otras variedades de mango que han sido estudiadas. De esta manera se establecieron las condiciones de inóculo necesario para evaluar el efecto de los tratamientos por UV-C en el control de antracnosis en mango 'Ataulfo'.



4.11 Efecto de tratamientos por radiación UV-C en el control de antracnosis en mango variedad 'Ataulfo'.

Para determinar si los tratamientos presentaron un efecto sobre el desarrollo de la antracnosis, fue necesario evaluar el grado de avance de la infección causada por el hongo. Lotes de 10 frutos fueron utilizados para realizar la evaluación del índice de decaimiento (IDC).

Se realizó una evaluación visual diariamente en un periodo de diez días, y se asignó un valor según el nivel de daño, utilizando la escala subjetiva que se muestra en el apartado 4.14.2.6.

4.12 Efecto del tratamiento por radiación UV-C en parámetros de calidad y fisiológicos en mango variedad 'Ataulfo'.

Para desarrollar un tratamiento poscosecha adecuado, es necesario que no provoque daños al fruto y que los cambios que pudieran presentarse no afecten la calidad del mango. Por ello fue necesario evaluar los daños provocados por la radiación con luz UV-C.

Lotes de 10 frutos fueron utilizados para realizar la evaluación del índice de quemaduras (IQ) y lotes de 12 frutos se utilizaron para realizar la evaluación de los parámetros de calidad (pH, acidez, sólidos solubles, firmeza, color) y parámetros fisiológicos (respiración), en los diferentes estadios de maduración de acuerdo a los cambios en la respiración: preclimaterio (E_1), inicio del climaterio (E_2), máximo climaterio (E_3), y postclimaterio (E_4). Las determinaciones de cada parámetro fueron realizadas de acuerdo a las técnicas descritas en el apartado 4.14. Posterior a cada muestreo los frutos fueron pelados y cortados para congelarse y almacenarse a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para analizarlas posteriormente.

4.13 Relación del contenido de fenoles con IQ e IDC.

Para establecer la correlación entre el índice de quemaduras e índice de decaimiento con el contenido de fenoles en los frutos mediante un análisis matemático de regresión lineal entre estas variables; el análisis de regresión lineal ayudó a determinar si existía una relación directa o inversamente proporcional entre las variables.



4.14 Métodos analíticos.

4.14.1 Parámetros químicos.

4.14.1.1 Humedad.

Se determinó mediante la técnica de secado en estufa. Se calcula el porcentaje de agua por la pérdida de peso debida a su eliminación por calentamiento bajo condiciones normalizadas (Pearson, 1989). Los sólidos totales se determinaron por diferencia con el porcentaje de humedad. Los resultados se expresaron en g/100 g de muestra.

4.14.1.2 Azúcares reductores.

Los azúcares reductores se determinaron por el método de Lane y Eynon. El cual se basa en la propiedad que tienen los azúcares reductores para reducir el cobre que pasa de óxido cúprico (Cu^{+2}) a óxido cuproso (Cu^{+1}), en el que se observa un precipitado de color rojo ladrillo (Pearson, 1989). Los resultados se expresaron en g/100 g de muestra.

4.14.1.3 Cenizas Totales.

Se determinó el contenido de cenizas utilizando el método de Klemm. El cual se fundamenta en la obtención del residuo inorgánico tras calcinar e incinerar la muestra (en caso necesario tras su desecación) a 550°C en la mufla y se calcula el residuo de incineración por diferencia de peso (Pearson, 1989). Los resultados se expresaron en g/100 g de muestra.

4.14.1.4 Proteínas.

Se determinaron por el método de Lowry, el cual se basa en la reacción de las proteínas con cobre en solución alcalina y mediante reducción del reactivo de Folin-Ciocalteu (Ácido fosfomolibdicofosfotúngico), a heteropolimolibdeno azul por la oxidación de aminoácidos aromáticos que es catalizado por cobre. La reacción se lleva a cabo en medio alcalino (pH de 10-10,5). Se utilizó como estándar albúmina sérica bovina (SIGMA, St. Louis) (Lowry, 1951). Los valores de concentración de proteína se determinaron por interpolación gráfica en una curva patrón obtenida a 720 nm. Los resultados se expresaron en g/100 g de muestra.



4.14.1.5 Fibra Cruda.

El contenido de fibra cruda se determinó de acuerdo al método de Kennedy-Wendy, el cual se basa en la hidrólisis en medio ácido y en medio alcalino de una muestra desengrasada (Pearson, 1989). El contenido de fibra se tomó a partir del residuo obtenido del filtrado de estas hidrólisis menos el contenido de cenizas presentes en la muestra, expresándose los resultados en g / 100g de muestra.

4.14.2 Parámetros de calidad.

4.14.2.1 Sólidos Solubles.

El contenido de sólidos solubles se determinó por medición directa del jugo del fruto con un refractómetro de mano (marca ATAGO, modelo 2111), previamente calibrado y ajustado a temperatura ambiente, expresando los resultados como °Brix (figura 33).



Figura 33. Refractómetro de mano

4.14.2.2 Determinación de pH y Acidez Total.

Se tomaron 10 g de muestra y se homogenizaron con 90 g de agua destilada, se filtró la solución y del filtrado se determinó el pH de la lectura directa de un potenciómetro manual digital (marca HANNA instruments, modelo pHep1), al sumergir el electrodo en la solución a temperatura ambiente (figura 34).



Figura 34. Potenciómetro manual.



La acidez se determinó de acuerdo al método de titulación directa descrito por AOAC (1994), tomando una alícuota de 20 ml de la solución filtrada, y adicionando 3 gotas de fenolftaleína como indicador y por titulación directa con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1N se determinó la cantidad de ácido cítrico presente en el mango expresando los resultados como porcentaje de ácido cítrico.

4.14.2.3 Determinación de firmeza.

La firmeza del mango se obtuvo de acuerdo a la fuerza necesaria para ocasionar la ruptura de la piel y la penetración del fruto por un penetrómetro manual (modelo FT327) con una sonda cilíndrica de 5 mm de diámetro sobre una de las caras laterales del fruto, expresando los resultados en Kg/cm^2 (figura 35).

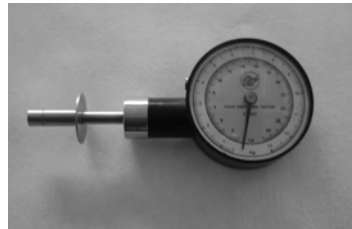


Figura 35. Penetrómetro manual

4.14.2.4 Determinación de Pérdida de Peso.

La pérdida de peso se determinó utilizando una balanza de brazo triple (marca OHAUS serie 800) en la cual se obtuvo la variación del peso inicial del mango, a su llegada al centro de estudio, y el peso del mango en cada estadio de maduración. La diferencia entre el peso inicial y el peso final de los frutos fue expresada como el porcentaje de pérdida de peso de los frutos.

4.14.2.5 Determinación del Color.

Los cambios de color en la piel del mango se registraron en un colorímetro (MINOLTA, modelo CR300) (figura 36) por el sistema Hunter Lab que representa la cromaticidad en coordenadas rectangulares. Los valores de **a** en abscisas, van desde los valores negativos para el verde a valores positivos para el rojo, los valores de **b** en ordenadas van desde el azul al amarillo y el parámetro **L** representa la luminosidad desde la reflexión nula ($L=0$) a reflexión difusa perfecta ($L = 100$).



Las medidas del color fueron realizadas en la parte exterior y zona ecuatorial de los mangos en tres frutos por cada tratamiento, en cada estado de maduración. Los valores L, a y b se utilizaron para calcular el tono (ángulo de Hue) donde Hue : 0 = rojo-púrpura, 90 = amarillo, 180 = azulado-verde y 270 = azul. El croma indica la intensidad del color o saturación del color. Hue se calcula a partir de la ecuación $h^\circ = \arctan [b / a]$ y la cromaticidad por la ecuación $C = [a^2 + b^2]^{1/2}$ (McGuire, 1992).



Figura 36. Colorímetro Minolta

4.14.2.6 Determinación del índice de quemaduras e índice de decaimiento.

Los frutos sometidos a diferentes dosis de radiación UV-C pueden sufrir quemaduras en la piel y los infectados con el hongo causante de antracnosis presentaron un mayor nivel de daño conforme avanzó la maduración, para determinar el daño provocado por la radiación y el nivel de infección se realizó una evaluación visual diariamente en un periodo de diez días, al observar el mango se asignó un valor según el nivel de daño, utilizando la escala subjetiva que se muestra en la tabla 10. De esta manera podemos determinar el índice de quemaduras y decaimiento, respectivamente.

Tabla 10. Escala del nivel de daño.

ESCALA	CARACTERÍSTICAS DE DAÑO
1	Frutos que no presentan daño
2	Frutos que no excedían el 25% de la superficie
3	Frutos con daños del 25% al 50% en su superficie
4	Frutos con daños mayores a 50% y menores a 75% en su superficie
5	Frutos con daños severos del 75% al 100% en su superficie

$$IDC \text{ ó } IQ = \sum \frac{(\text{Nivel de daño}) \times (\text{Número de frutos del nivel})}{\text{Número de frutos totales}}$$



4.14.3 Parámetros fisiológicos.

4.14.3.1 Determinación de la Respiración.

La respiración de los frutos se determinó tomando en cuenta la producción de CO₂ generado por los frutos, utilizando el método de sistema cerrado. Los frutos se colocaron en un contenedor sellado, después de un periodo de tiempo no mayor a 1 hora, para evitar dañar el fruto por agotamiento de O₂ y acumulación de CO₂ en la atmósfera que lo rodea, se midió la acumulación de CO₂ en la atmósfera del contenedor sellado.

El registro de la producción de CO₂ se realizó al conectar a la salida de ventilación del contenedor un analizador de gas (marca ANALYZER Nitec, LLC). Los resultados de la producción de CO₂ fueron expresados en mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (figura 37).

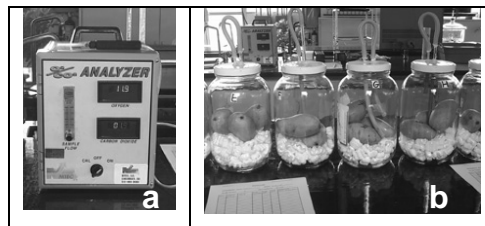


Figura 37. (a) Analizador de gases. (b) Sistema cerrado para medir respiración.

4.14.4 Fenoles Totales.

4.14.4.1 Preparación del Extracto.

Se determinó el contenido de fenoles totales utilizando el reactivo de Folin-Ciocalteu (ácido fosfomolibdicofosfotúngstico) por el método sugerido por Slinkard y Singleton (1977), con ligeras modificaciones.

4.14.4.2 Determinación de Fenoles Totales.

Para la determinación del contenido de fenoles totales previamente se hicieron diluciones de los extractos en el orden de 1:100 para piel y 1:2 para pulpa. De los extractos se tomó una alícuota de 200 µl y se colocó en tubos de ensaye, posteriormente se le agregaron 1,500 µl de agua destilada y 100 µl de reactivo de Folin-Ciocalteu, después se adicionó 200 µl de Na₂CO₃ al 20% y se agitaron a velocidad constante, dejándose reposar durante 30 minutos, pasado este tiempo se procedió a medir la absorbancia en un espectrofotómetro (marca TERMO SPECTRONIC, modelo GÉNESIS 10 UV) a una longitud de onda de 765 nm. El contenido de fenoles totales se calculó con base en la pendiente de la curva a 765 nm, expresándose como mg de ácido gálico / g de peso fresco.



4.14.4.3 Análisis Estadístico.

Los experimentos se realizaron por triplicado con el fin de obtener resultados significativos y con ello realizar un análisis estadístico confiable y representativo. Se aplicó a los datos obtenidos el análisis estadístico de varianza (ANOVA) y se realizaron pruebas de rango múltiple para establecer la diferencia significativa entre los diferentes tratamientos estudiados. Este análisis se llevó a cabo por medio del programa estadístico SPSS 9.0 for Windows Student Versión.



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Evaluación de las características físicas, químicas y fisiológicas de mango 'Ataulfo'.

Para conocer a nuestro material en estudio se determinaron las características físicas, químicas, fisiológicas y de calidad del mango variedad 'Ataulfo'. Estas características fueron evaluadas en el estado de madurez comercial.

En la Tabla 11, se muestran las características físicas de los mangos con los cuales se trabajó durante el presente trabajo. Los frutos fueron clasificados como categoría primera clase de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-058-SCFI-2006 y presentaron un peso promedio de 245.74 g que para los mangos de las variedades del grupo Mulgova, como es el caso del mango 'Ataulfo', fueron de calibre 18 (en un intervalo de peso de 240-269 g) (SCFI, 2006)

Tabla 11. Caracterización física del mango.

PARÁMETRO	PROMEDIO
Peso (g)	245.74 ± 25.5
Diámetro (cm)	13.68 ± 0.44
Longitud (cm)	20.45 ± 0.71
Peso / longitud (g/cm)	12.05 ± 1.55
Color	
Luminosidad	71.24 ± 1.93
Tono	84.37 ± 3.95
Croma	58.94 ± 2.42

Los datos presentados son el promedio de tres repeticiones ± desviación estándar (n = 375)

Los índices de madurez del mango están relacionados con características como: la forma, olor, sabor, y firmeza del fruto, que son propios de cada variedad, los parámetros de calidad se cuantifican mediante la acidez titulable, el contenido de sólidos solubles, firmeza, color de la pulpa y otros; la norma marca los mínimos aceptables de textura y sólidos solubles que deben tener los mangos al llegar a la empacadora.

En la tabla 12 se muestran las características de madurez determinadas en los mangos 'Ataulfo' en el estado de madurez comercial. Observamos que el mango es un producto ligeramente ácido con valores de pH entre 3.2 y 3.6, en cuanto a la acidez, encontramos que ésta se encuentra en valores entre 0.045 y 0.057% de ácido cítrico acordes a los valores de pH determinados ya que la acidez es inversamente proporcional al pH.



Tabla 12. Características de madurez del mango.

PARÁMETRO	PROMEDIO
pH	3.50 ± 0.27
Acidez (% de Ac. Cítrico)	0.05 ± 0.006
Sólidos Solubles (° Brix)	16.67 ± 1.15
Textura (kg/ cm ²)	15.98 ± 4.75

Los datos presentados son el promedio de tres repeticiones ± desviación estándar

Los ° Brix se encuentran entre valores de 15.5 a 17.7; los sólidos solubles se asocian al grado de dulzor de un fruto y son resultado de los procesos metabólicos del mango que al ir madurando metaboliza los carbohidratos convirtiéndolos en azúcares más sencillos. Otro de los cambios importantes durante la maduración del mango es el cambio de textura resultado del ablandamiento de los tejidos del fruto en este caso se encontró que la textura estuvo entre 20.72 y 11.24 kg/cm².

Del análisis químico del mango variedad 'Ataulfo' (Tabla 13) se puede observar, que al igual que la mayoría de los frutos tiene un alto contenido de humedad, lo cual lo hace un producto jugoso al consumirlo, además encontramos que es una importante fuente de carbohidratos, al ser estos el segundo compuesto más abundante en el mango. También presenta un alto contenido de fibra, por cada 100 g de mango que se consuma estamos ingiriendo aproximadamente el 10% de la cantidad de fibra diaria recomendada (6 – 8 g). Tiene un contenido bajo de proteína, comparado con aquellos alimentos considerados fuentes de proteína. Un sólo mango aporta toda la vitamina C que necesitamos para el día, las 2/3 partes de nuestras necesidades de vitamina A, casi la mitad de la vitamina E y una combinación de minerales entre los que se encuentran el hierro y potasio (Elizondo, 2003). El mango aporta sólo 63 calorías por 100 g de porción comestible. Características que lo hacen un alimento importante para la nutrición humana.

Tabla 13. Composición Química de mango 'Ataulfo'.

COMPONENTE	CANTIDAD POR 100 g
Humedad (g) ^a	81.64 ± 0.59
Carbohidratos (g) ^b	11.43 ± 2.18
Fibra (g) ^c	1.19 ± 0.31
Proteína (g) ^d	1.00 ± 0.31
Cenizas (g) ^e	0.59 ± 0.10

Cada componente fue determinado por el método: ^a Secado por estufa, ^b Lane y Eynon, ^c Kennedy y Wendy, ^d Lowry, ^e Klemm. Los valores presentados son la media de 3 determinaciones ± desviación estándar.



Una característica muy importante del mango es su comportamiento climatérico, ya que durante la maduración presenta cambios en su tasa respiratoria generando CO_2 y agua, lo cual es importante para su adecuado manejo y almacenamiento poscosecha.

En la figura 38 se puede observar la tasa respiratoria medida en función de la producción de CO_2 del mango variedad 'Ataulfo' almacenado a 20 ± 1 °C con HR de 90 ± 5 %. Normalmente, la respiración desciende con lentitud a valores bajos inmediatamente antes del comienzo de la maduración, aumenta hasta alcanzar su máximo valor conforme el fruto madura y desciende de nuevo durante la postmaduración y senescencia (Hobson, 1993).

En el preclimaterio (estadio E_1) se observó un valor alrededor de $107 \text{ mg CO}_2/\text{Kg PF h}$. Al cuarto día se presentó el inicio del climaterio (estadio E_2) con un aumento en la respiración, alcanzando valores alrededor de $207 \text{ mg CO}_2/\text{Kg PF h}$. En el séptimo día el fruto alcanzó el máximo climaterio (estadio E_3) con valores de $509 \text{ mg CO}_2/\text{Kg PF h}$, lo cual nos indicó que el mango estaba en el grado óptimo de madurez comercial y había desarrollado sus características de color, olor y sabor. Finalmente se observó un descenso en la respiración, llamado postclimaterio (estadio E_4) donde se presentó el inicio de la senescencia que se extiende hasta el 12° día de almacenamiento. El periodo de maduración del mango es caracterizado por una serie de cambios bioquímicos iniciados por la producción de etileno y un incremento en la respiración que provocan los cambios en color, aroma y sabor (Salunkhe y Desai, 1984).

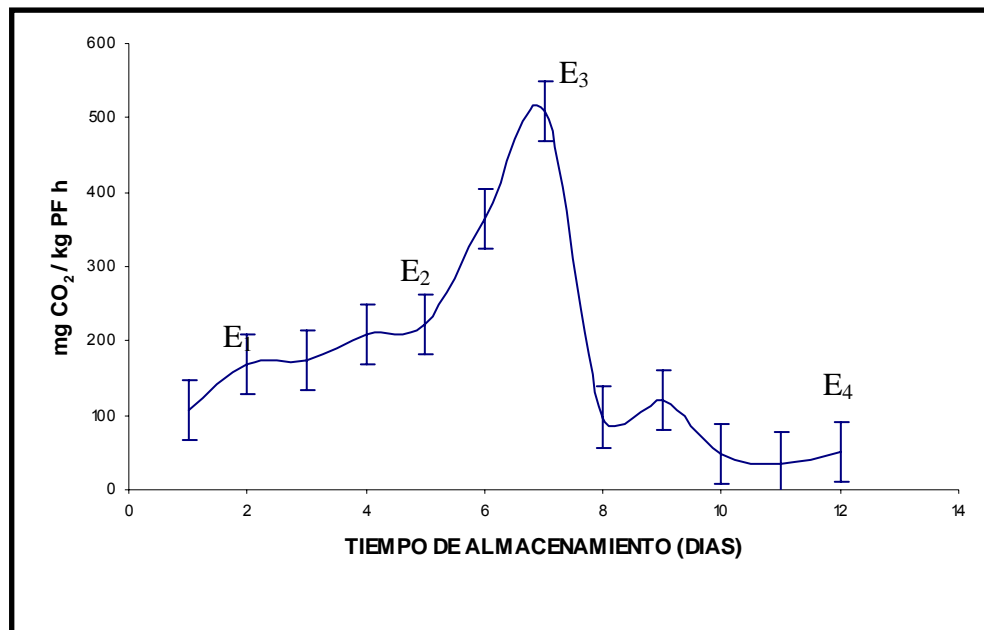


Figura 38. Cambios en la respiración del mango 'Ataulfo' durante el almacenamiento a 20°C.



5.2 Selección de condiciones de los tratamiento por radiaciones UV-C

Las radiaciones UV-C son no ionizantes que de manera natural provienen del sol, en frutos se han estudiado sus efectos en la vida útil y el control de enfermedades. Los tratamientos por radiaciones UV-C son técnicas alternativas para el control de enfermedades y daños fisiológicos en diferentes frutos, con los cuales se busca reducir el uso de productos químicos que tienen repercusiones muy fuertes sobre el medio ambiente y los hidrotérmicos requieren grandes cantidades de agua para realizarse. Para seleccionar los tratamientos por irradiación más efectivos para alargar la vida útil y controlar la antracnosis, se evaluaron diferentes condiciones de tiempos a una distancia de 15 cm de la fuente de radiación UV-C.

5.2.1 Daños ocasionados por el tratamiento por UV-C.

Se evaluó de manera visual las quemaduras provocadas por los diferentes tratamientos para seleccionar aquellas que nos permitan tratar los frutos sin provocar daños en los mismos que puedan afectar su calidad. Las condiciones que provocaron daños físicos inmediatos al tratamiento fueron descartadas, en este tipo de tratamientos los daños no son evidentes cuando el mango está en su etapa preclimática por ello fue necesario observarlos hasta que alcanzaron su madurez, para lo cual fueron almacenados a 20 ± 1 °C durante diez días para definir las condiciones de tratamiento adecuadas. De manera inmediata al tratamiento no se aprecian los daños por quemadura en la superficie de los frutos, por lo cual en la figura 39 se muestran las imágenes tres días después del tratamiento, en ellas se observó que pasado ese tiempo los daños por quemaduras en la superficie de los mangos no fueron tan notorios, las quemaduras no se presentaron en los tratamientos por 5, 10 y 15 minutos; mientras que en los mangos irradiados por 20 minutos se apreció una ligera quemadura en uno de los mangos, pero este fruto excedió de tamaño a los otros del mismo lote, por ello se atribuyó esta quemadura al tamaño, ya que en los tratamientos por 25 y 30 minutos tampoco se observaron daños en esta etapa. En los tratamientos por 40 y 60 minutos las quemaduras fueron más evidentes. De estas observaciones se determinó que los tratamientos por 40 y 60 minutos, no fueron adecuados para irradiar el mango 'Ataulfo' debido a que provocaron daños que son evidentes en la primera etapa de maduración del fruto; pero debido a que los daños de este tipo de tratamiento no fueron tan notorios en los primeros estados de maduración debemos observar los frutos hasta que alcancen la madurez comercial para seleccionar las condiciones para el tratamiento de los mangos.

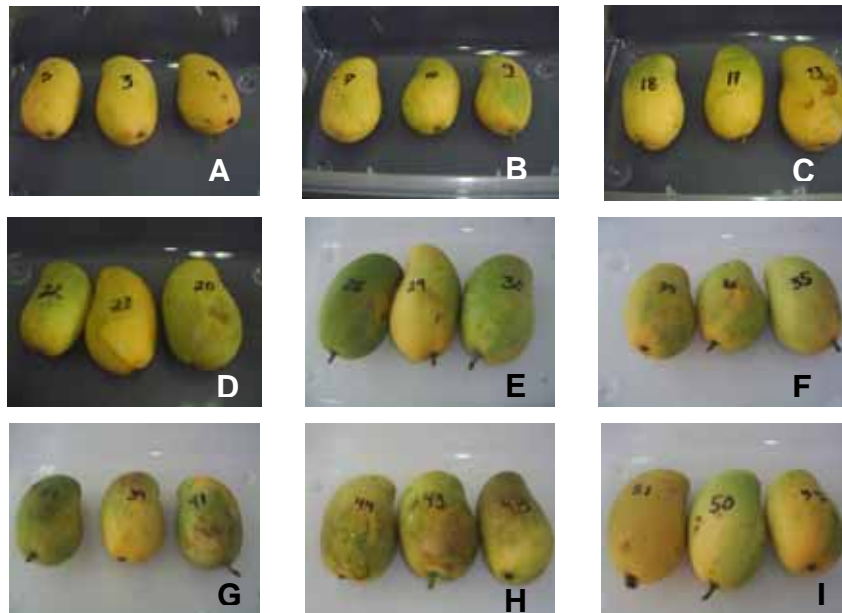


Figura 39. Mangos irradiados por: (A) 5 minutos, (B) 10 minutos, (C) 15 minutos, (D) 20 minutos, (E) 25 minutos, (F) 30 minutos, (G) 40 minutos, (H) 60 minutos, (I) Control, después de tres días de almacenamiento.

En la figura 40 se muestran las imágenes tomadas en el octavo día de almacenamiento, donde se observó que los mangos han cambiado de color. Los mangos sometidos a tratamiento por 5, 10, y 15 minutos no presentaron daños en la superficie del fruto, teniendo una apariencia física igual a los mangos control.

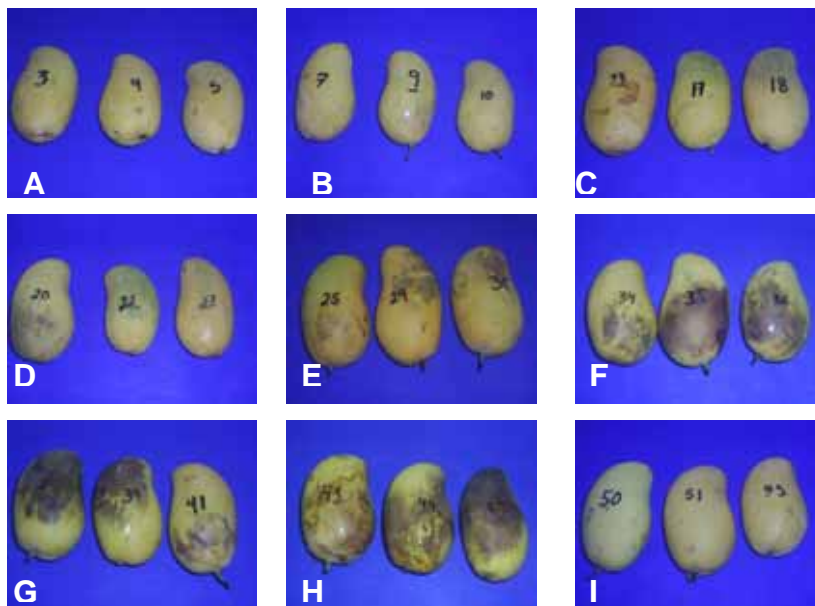


Figura 40. Mangos irradiados por: (A) 5 minutos, (B) 10 minutos, (C) 15 minutos, (D) 20 minutos, (E) 25 minutos, (F) 30 minutos, (G) 40 minutos, (H) 60 minutos, (I) Control después de 8 días de almacenamiento.



En los mangos irradiados por 20 minutos sólo el mango más grande presentó una quemadura en la zona más ancha del fruto, indicando que el tamaño del fruto debe ser controlado.

Los mangos tratados por 25 y 30 minutos presentaron daños más intensos que en los antes mencionados y en los tratados por 40 y 60 minutos, los daños fueron más notorios que en las imágenes anteriores y se presentaron en una superficie más grande del fruto.

En las imágenes mostradas en la figura 39, los mangos tratados por 25 y 30 minutos no mostraron evidencias de daño, pero al avanzar la maduración, se observó la aparición de quemaduras en la superficie de los frutos por lo cual estos tratamientos fueron descartados. En el caso de los tratamientos por 40 y 60 minutos, los daños fueron mayores conforme avanzó la maduración.

Los cambios que se presentaron durante la maduración del fruto, ocasionaron que las quemaduras fueran más notorias debido al color de la piel del mango; pero también al madurar el mango las quemaduras se presentaron en una superficie mayor; esto muestra que el nivel de daño que sufrieron los mangos irradiados no puede ser evaluado inmediatamente después del tratamiento, se debe realizar una evaluación durante los diferentes estados de maduración del mango para hacer una adecuada determinación del nivel de daño ocasionado por el tratamiento.

5.2.1.1 Índice de quemaduras (IQ)

El índice de quemaduras (IQ) en los mangos, se determinó utilizando una escala subjetiva, para evaluar el daño provocado por la radiación que se manifiesta como quemaduras en la piel del mismo.

En la figura 41 se observa como los daños se hicieron evidentes conforme avanzó la maduración del fruto, en el segundo día los frutos tratados por 20, 25 y 40 minutos presentaron un índice de quemaduras de 1.2, 1.4 y 1.8 de la superficie del fruto y en los de 30 y 60 minutos el daño fue de 2.

Para los frutos tratados por 30, 40 y 60 minutos los daños comenzaron a ser mayores conforme avanzó la maduración de manera que para el décimo día, el índice de daños fue de 2.2, 2.6 y 2.8, respectivamente. En los tratamientos por 20 y 25 minutos al final de la observación el nivel de daño llegó a 1.6 y 1.8, respectivamente.

Las observaciones realizadas y la determinación del índice de quemaduras permitieron encontrar que los tratamientos por 5, 10, y 15 minutos no provocaron daños en la superficie del mango.



Aunque en el tratamiento por 20 minutos se presentó daño, esto puede atribuirse a que algunos frutos fueron más grandes que los otros, lo cual es evidente debido a que la quemadura se presentó en la parte más ancha del mango y no fue tan grave como en los tratamientos más prolongados.

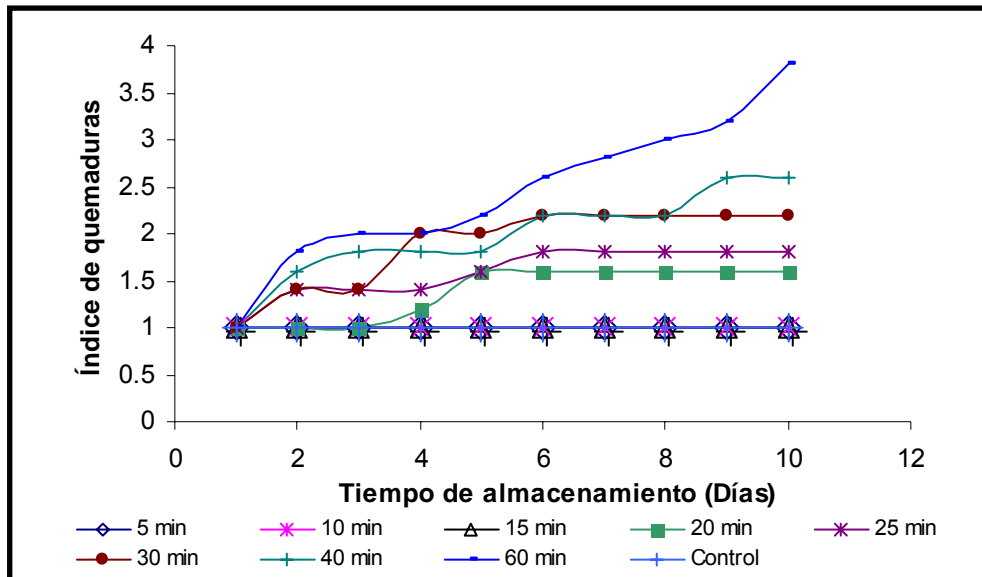


Figura 41. Índice de quemaduras durante la maduración del mango 'Ataulfo' sometido a diferentes tiempos de radiación UV-C. Cada punto representa la media de tres repeticiones.

Las condiciones por 5,10 y 20 minutos fueron seleccionadas para el estudio del control de antracnosis, ya que estas condiciones no provocaron daños importantes en la piel del fruto. Estos tiempos de tratamiento fueron condiciones adecuadas ya que no provocaron daños significativos en la apariencia del fruto, lo cual es importante para el consumidor pero además se evaluó que no afecten otros parámetros de calidad ó fisiológicos del mango.

5.2.2 Efecto en la respiración.

Un tratamiento poscosecha eficiente debe tener un efecto mínimo o inexistente en la producción de CO₂ del fruto estudiado ya que si se afectan los procesos metabólicos del fruto relacionados con la respiración del mismo la maduración puede acelerarse o inhibirse completamente, lo cual no es adecuado en el desarrollo de tratamientos poscosecha. Por ello, se realizó un seguimiento de la respiración de los frutos sometidos a diferentes tiempos de radiación para seleccionar las condiciones adecuadas de los tratamientos por radiación UV-C de una manera objetiva y no sólo por los daños superficiales encontrados en el fruto.

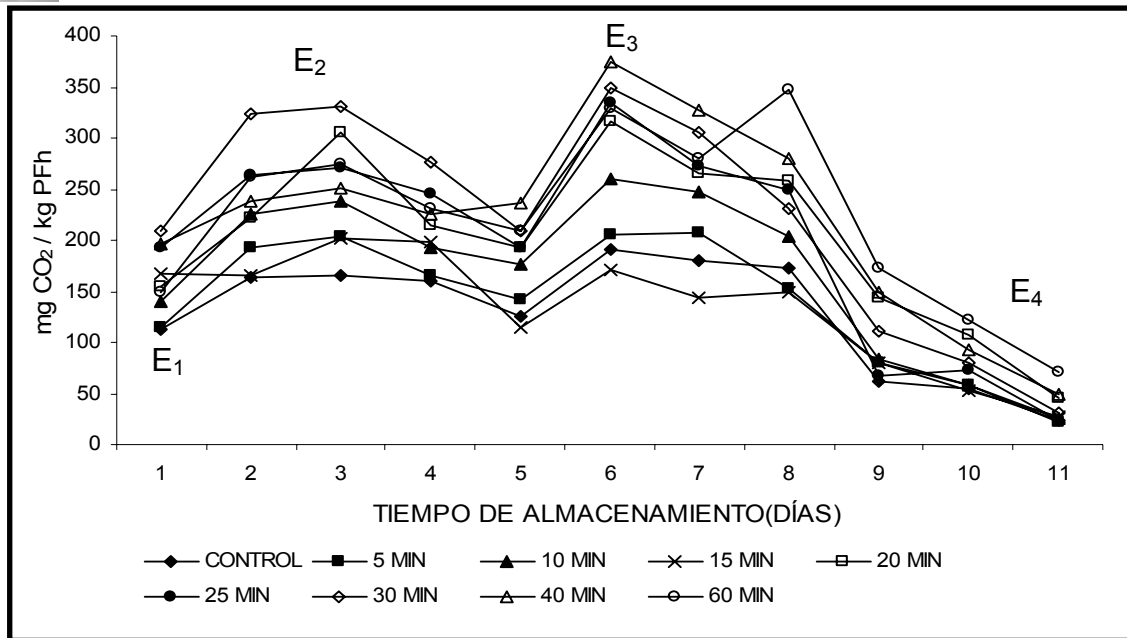


Figura 42. Efecto de tratamientos por irradiación UV-C en la respiración del mango 'Ataulfo' sometido a diferentes tiempos de radiación. E₁: preclimaterio, E₂: Inicio del climaterio, E₃ máximo climaterio, E₄ postclimaterio. La grafica representa la media de tres repeticiones

En la figura 42 se muestran los cambios en la producción de CO₂ del fruto a lo largo de la maduración, los aumentos y disminuciones en la tasa respiratoria fueron muy similares y aunque la curva mostrada no muestra la tendencia típica de los frutos climatéricos es útil para analizar el comportamiento de los frutos irradiados. Todos los lotes mostraron tendencias muy similares a las del grupo control aunque con una producción de CO₂ más alta que éste. Los frutos tratados por 25, 30, 40 y 60 minutos, fueron los que presentaron una tasa respiratoria más elevada que los otros lotes. Los mangos llegaron a su periodo postclimaterico en el mismo periodo de tiempo por lo cual aunque encontramos que los tratamientos por radiación UV-C propiciaron un aumento en la tasa respiratoria del mango no afectaron su periodo de maduración, por lo cual no tienen efecto en el periodo de vida útil del fruto.

5.3 Efecto del tratamiento por radiación UV-C en los parámetros de calidad y fisiológicos del mango 'Ataulfo'.

5.3.1 Efecto en respiración.

Al momento de ser cosechados, los mangos están vivos y realizan procesos fisiológicos propios de organismos vivientes, desde el punto de vista del manejo poscosecha el más importante de todos éstos es la respiración.



Durante el manejo poscosecha de mango se busca básicamente el control de los factores internos y externos que contribuyen a intensificar el proceso de respiración y por ende la maduración. Un tratamiento poscosecha (térmico, químico, hormonal, etc) puede afectar este proceso metabólico provocando el alargamiento de la vida útil o acelerando la maduración. En la figura 43 observamos los cambios de la respiración en los mangos tratados por radiación UV-C a diferentes tiempos de exposición comparados con los controles.

Los mangos presentaron comportamientos similares para los cuatro diferentes lotes; al inicio de la evaluación presentaron una recta en paulatino aumento. Durante el preclimaterio (E_1) la respiración de los mangos mostraron valores para el lote control de alrededor de 100 mg $\text{CO}_2/\text{Kg PF h}$, el de 20 min de 154 mg $\text{CO}_2/\text{Kg PF h}$; en el inicio del climaterio (E_2) observamos valores de 137 mg $\text{CO}_2/\text{Kg PF h}$ para el control y de 216 mg $\text{CO}_2/\text{Kg PF h}$ para el lote de 20 min; en el postclimaterio (E_4) descendieron hasta 65 mg $\text{CO}_2/\text{Kg PF h}$ no encontrando diferencia significativa entre los tratamientos. En la figura 48 se observa que el tratamiento por 20 min se mantuvo por encima de los demás lotes durante el E_1 y E_2 .

Se observó que todos los lotes presentaron el pico de respiración correspondiente al máximo climaterio (E_3) al séptimo día; el análisis estadístico muestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos, según la prueba de Duncan con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. Durante el máximo climaterio en los mangos irradiados por 10 y 20 min la producción de CO_2 fue mayor con respecto al control, el tratamiento por 5 min presentó una respiración menor en este punto; así se encontró que los tratamientos por radiación UV-C no afectaron la vida útil del mango 'Ataulfo', pero sí se modificó la tasa respiratoria, este efecto es importante para el manejo poscosecha del fruto.

En estudios realizados con radiación gamma, se encontró una reducción significativa en el nivel de respiración de mango y papaya (Lacroix *et al.*, 1990). Crisosto *et al.* (1998) encontraron que la irradiación UV-C provoca un incremento en la respiración y producción de etileno en duraznos. González- Aguilar *et al.* (2004b) encontraron que duraznos tratados por 15 minutos presentaron una más baja tasa respiratoria que los frutos control. Por el contrario, tratamientos con aire forzado caliente produjeron un incremento en la tasa respiratoria en mangos 'Keitt', 'Tommy Atkins' (Mitcham y McDonald, 1993) y 'Carabao' tratados con vapor caliente (Esguerra y Lizada, 1990), provocando una aceleración de la maduración y una reducción en la vida media del fruto. Resultados similares han sido descritos en otros frutos como manzanas (Klein y Lurie, 1990) y uvas (Shellie y Mangan, 2000). En calabaza tratada por UV-C (Erkan, *et al.*, 2001) se encontró una mayor tasa respiratoria en los frutos irradiados por 20 min comparado con el control (no tratado).



Los mecanismos por los cuales los tratamientos térmicos aceleran la maduración del mango no han sido completamente descritos, pero están muy probablemente asociados con la aceleración de síntesis de carotenoides, degradación de clorofila y síntesis de enzimas degradantes de la pared celular (Jacobi *et al.*, 2001). La radiación UV-C también puede afectar las enzimas del fruto.

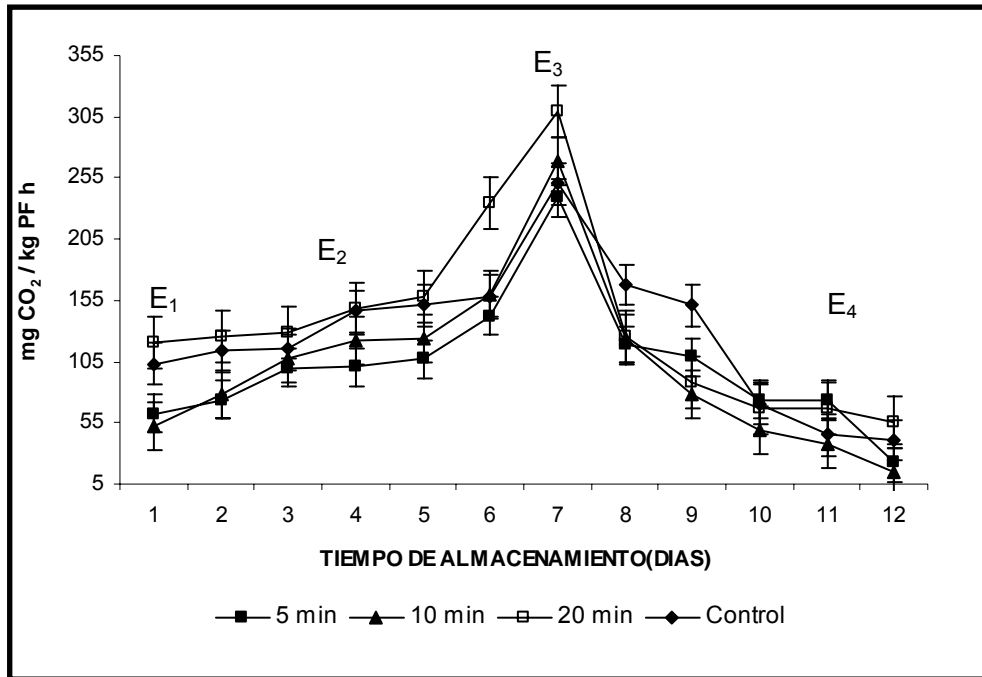


Figura 43. Efecto de los tratamientos por radiación UV-C en la respiración del mango 'Ataulfo'.

Los valores representan la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran \pm SD

5.3.2 Efecto en parámetros de calidad

Durante el proceso de maduración los mangos sufren cambios físicos, químicos y bioquímicos que permiten el desarrollo de las características organolépticas que determinan la calidad del mismo. Por ello, la evaluación de los parámetros de calidad de los mangos irradiados es muy importante ya que un tratamiento poscosecha no debe alterar las características del mango.

A continuación se presentan los efectos de los tratamientos estudiados en los parámetros de calidad más importantes del mango 'Ataulfo'. El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de las soluciones; los valores de pH pueden determinar el tipo de microorganismos a los cuales un fruto es más susceptible.



En la figura 44 se observan los cambios en el pH que presentó el mango 'Ataulfo' en cada uno de los estados de madurez, como resultado del efecto de los tratamientos sobre el fruto. Observamos que el valor de pH en el preclimaterio (E₁) fue de aproximadamente 3 para todos los tratamientos, conforme avanzó la maduración aumentó hasta que en el postclimaterio (E₄) el pH presentó un valor de aproximadamente 6 en todos los lotes. Se encontró que los frutos sometidos a los tratamientos por UV-C y el lote control no presentaron diferencia significativa en lote control ($p \geq 0.05$) en ninguno de los estados de madurez. En guayabas envasadas en atmósferas modificadas (Juárez, 2006) se observó que el pH no se afectó por el almacenamiento de manera similar a lo observado en el presente trabajo con mangos.

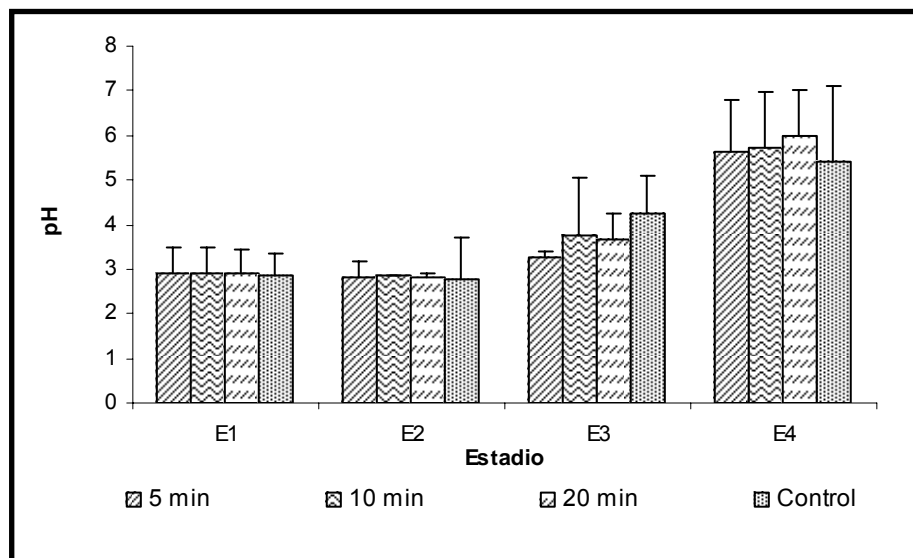


Figura 44. Efecto de tratamientos por irradiación UV-C en el pH del mango 'Ataulfo' durante la maduración.

Los valores representados son la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran la SD.

La acidez titulable de un fruto expresa el contenido real de ácido presente, los resultados se expresan como el porcentaje del ácido predominante; en el mango 'Ataulfo' como en otros frutos el más común es el cítrico, seguido del málico, tartárico y oxálico (Mitra y Baldwin, 1997). Es un parámetro de calidad importante debido a que es fácilmente percibido por los consumidores, además es un indicador de madurez importante debido a que el contenido de ácido cambia a lo largo de la maduración del fruto.

En la figura 45 se observan los cambios de acidez del mango 'Ataulfo' tratado por irradiación UV-C en los diferentes estados de maduración.



Durante el preclimaterio (E_1) la acidez se encontró en valores de 0.18 a 0.23 % de ácido cítrico, para el inicio del climaterio (E_2) los valores mostraron un descenso con valores entre 0.15 a 0.18 % de ácido cítrico.

Durante el máximo climaterio (E_3) se observó un descenso más evidente ya que la acidez se encontró entre 0.03 a 0.06% de ácido cítrico y para el postclimaterio (E_4) el contenido de ácido prácticamente desaparece encontrándose en valores de 0.01 a 0.02 % de ácido cítrico. Esta reducción en el contenido de acidez fue atribuida a su conversión en azúcares y el fomento de su utilización en los procesos metabólicos (Doreyappa-Gowda y Huddar, 2001).

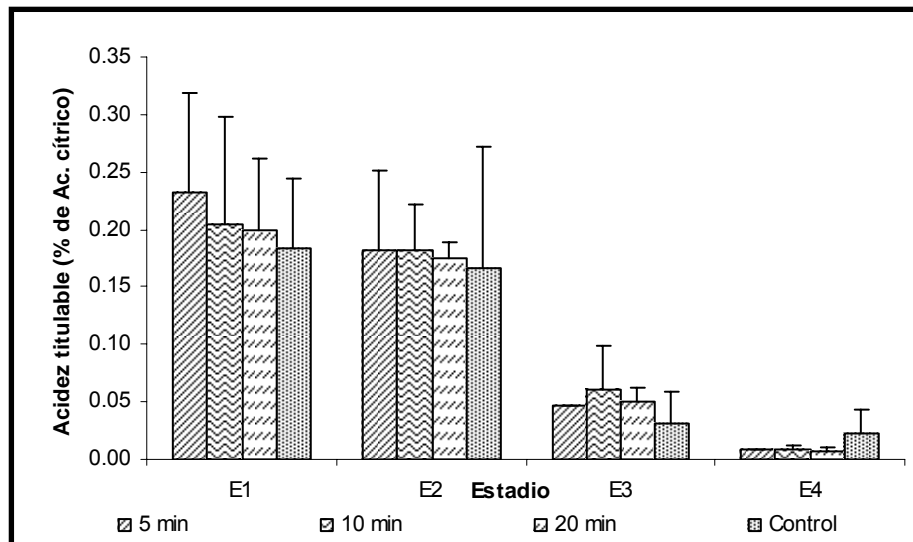


Figura 45. Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en la acidez del mango 'Ataulfo' durante la maduración.

La grafica representa la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran la SD.

La tendencia de todos los lotes fue similar, mostrando un contenido de ácido importante al inicio del estudio y conforme van madurando desciende el contenido de ácido hasta casi desaparecer. Se encontró que la acidez de los frutos tratados por UV-C no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en ninguno de los estadios. Este comportamiento se explica debido a que los ácidos orgánicos son un sustrato de diferentes procesos metabólicos, el fruto los metaboliza a lo largo de la maduración. Un resultado similar se encontró en mangos 'Tommy Atkins', donde el tratamiento no afectó el contenido de ácidos orgánicos de los frutos (González-Aguilar *et al.* 2001).

En estudios realizados en mango 'Manila' se observó que los tratamientos térmicos por agua caliente y aire forzado no tienen efecto en la acidez y el pH (Ramírez, 2003) por el contrario en tomates si se encontró efecto en estos parámetros (Lurie y Klein, 1992).



En las figuras 44 y 45 se observa que los cambios en la acidez son inversos a los de pH, es decir, mientras que los valores de pH ascienden conforme avanza la maduración. Iniciando en un pH similar al del vinagre (2.9) hasta llegar a un valor similar al del agua de lluvia (6.2).

Los valores de la acidez disminuyeron como resultado del metabolismo de los ácidos orgánicos. Los ácidos orgánicos responsables de la acidez de los frutos son utilizados como sustratos respirables (Wills *et al.*, 2003).

Otra característica de calidad importante de los frutos es el contenido de sólidos solubles, ya que representa una aproximación a la cantidad de azúcares presentes en la pulpa debido a la hidrólisis del almidón. De manera similar al pH y la acidez, el contenido de sólidos solubles es un parámetro fácilmente detectado por el consumidor al degustar el fruto, por ello si la síntesis de azúcares es afectado de alguna forma por el tratamiento por radiación UV-C, se afectará la aceptación del fruto.

En la figura 46 se observan los cambios en el contenido de sólidos solubles expresados como ° Brix. Observamos que en la etapa preclimática (E_1) se encontraron valores de entre 8 y 10 ° Brix; durante el inicio del climaterio (E_2) los valores se encontraron entre 13 y 15 ° Brix en el máximo climaterio (E_3) los sólidos solubles fueron de entre 16 a 17 ° Brix y posteriormente presentaron una ligera disminución en el postclimaterio (E_4) con valores entre 15 y 16 ° Brix.

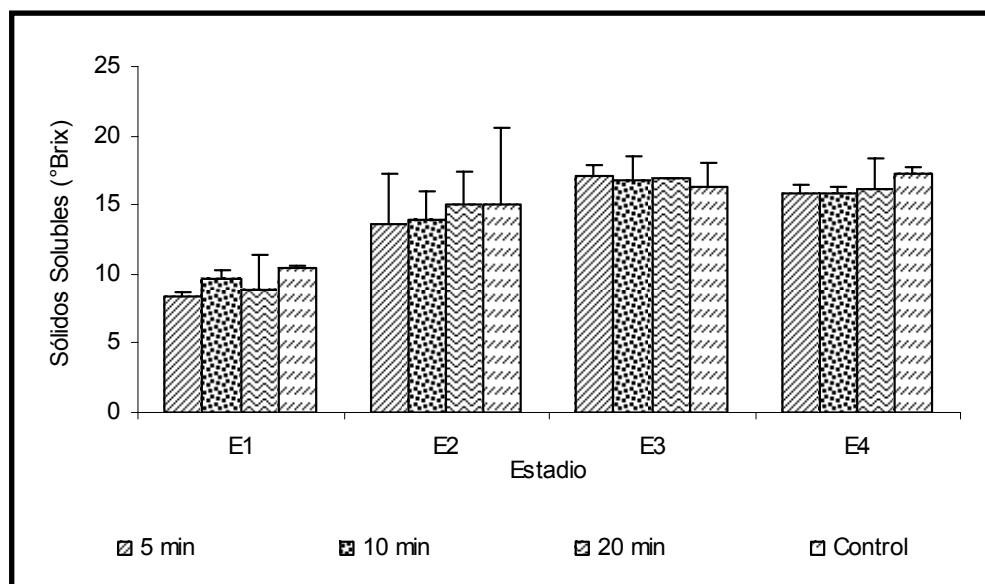


Figura 46. Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en los sólidos solubles del mango 'Ataulfo' durante la maduración.

Los valores representados son la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran la SD.



Los sólidos solubles muestran una tendencia a aumentar conforme avanzó la maduración de los frutos almacenados a 20 ± 1 °C con una HR de 90 ± 5 %, se encontró que no existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos en ningún estado de madurez resultados similares a los obtenidos en frutos tratados por radiación gamma (Lacroix et al., 1990).

En mangos 'Tommy Atkins' tratados por UV-C no se encontró efecto adverso en el contenido de azúcares (González-Aguilar et al., 2001). Al evaluar el efecto de la temperatura de almacenamiento en mangos 'Tommy Atkins' (Medlicott et al., 1986) se encontró que el contenido de sólidos solubles llegó a 12 ° Brix, valores más bajos que en el presente trabajo y en guayabas envasadas en atmósferas modificadas, no alcanzaron los niveles de los frutos control (Juárez, 2006).

En los tratamientos térmicos se ha determinado que cuando se producen daños el metabolismo de los almidones durante la maduración es alterado (Jacobi et al., 2001), lo cual provoca un menor contenido de azúcares en el fruto maduro (Mattoo y Modi, 1969b)

La textura es una característica compleja, resultado de la interacción de varios factores, entre los que podemos nombrar los compuestos que conforman la pared celular y la turgencia de los tejidos que le dan estructura a la piel del fruto; los componentes de la pared celular son pectinas y polisacáridos que mediante la acción de diversas enzimas sufren cambios que propician el ablandamiento de los tejidos durante la maduración del mango. La textura es una característica física de las pieles de los frutos que representa la resistencia de la piel a romperse al someterla a una fuerza externa, en los frutos sufre cambios durante la maduración.

En la figura 47 se observa los cambios que se presentaron en la firmeza del mango 'Ataulfo' sometido a diferentes tratamientos por irradiación UV-C. En la etapa preclimaterica (E_1) los valores se encontraron entre 23 – 31 Kg / cm²; al inicio del climaterio (E_2) los valores descendieron hasta 20 – 23; en el máximo climaterio (E_3) se encontraron valores entre 7 y 11 Kg / cm², en esta etapa el fruto puede ser pelado fácilmente por el consumidor porque la piel del mango no se encuentra fuertemente adherida a la pulpa; finalmente durante el postclimaterio (E_4) la textura desciende hasta valores de entre 7 y 9 Kg / cm².

La pérdida de firmeza fue un cambio necesario para que los mangos presentaran características adecuadas para el consumo, pero también al ir disminuyendo la firmeza el fruto es más susceptible a daños mecánicos y ataques de microorganismos. Se encontró que los frutos sometidos a los diferentes tratamientos por UV-C no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos en ningún estado de madurez.

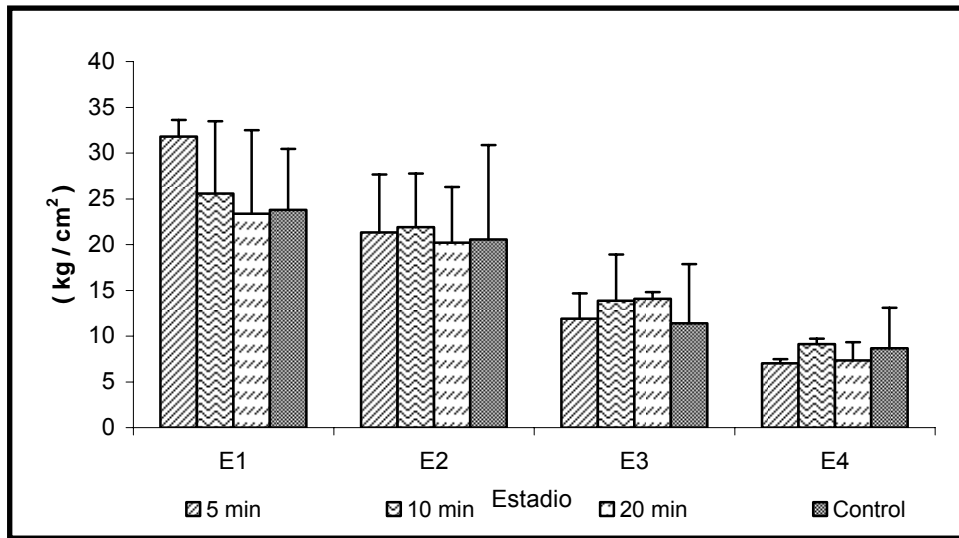


Figura 47. Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en la firmeza del mango 'Ataulfo' durante la maduración.

Los valores representados son la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran la SD.

En mangos 'Tommy Atkins' sometidos a tratamientos con aire forzado caliente (Miller *et al.*, 1991), y en mangos y papayas tratados con irradiación gamma (Lacroix *et al.*, 1990) se presentó un ablandamiento en el fruto posterior al tratamiento lo cual difiere con lo observado en el presente trabajo ya que los mangos presentaron cambios en firmeza acordes a los cambios sufridos durante el proceso de maduración, presentando al inicio una alta firmeza, que posteriormente fue disminuyendo conforme pasaron los días de almacenamiento a 20 ± 1 °C con una HR de 90 ± 5 %. En mango 'Hilacha' (Manzano y Cañizares, 2001) y 'Julie' (McIntyre *et al.*, 1993) los tratamientos térmicos tampoco afectaron la consistencia de los frutos. En mangos 'Tommy Atkins' tratados por radiación UV-C fue más evidente el ablandamiento en frutos que en los tratados por 20 minutos (González-Aguilar *et al.*, 2001). Stevens *et al.* (1996) encontraron que al aumentar la dosis de radiación UV-C se redujo el ablandamiento de duraznos.

El color es una característica de calidad muy importante de los frutos; en los mangos es una en las cualidades por las cuales resultan atractivos para los consumidores, aun cuando una persona no tiene la capacidad para darle un valor objetivo al color, generalmente decide si le agrada o no el fruto en base a lo que observa.

En la figura 48 se muestran los cambios en la luminosidad de los diferentes lotes de mango 'Ataulfo' tratados por irradiación UV-C, la luminosidad aumenta lentamente durante las primeras etapas de la maduración, en el preclimaterio (E₁) presentó valores cercanos a 60 para todos los frutos sometidos a los diferentes tratamientos; en el inicio del climaterio (E₂) aumentó a valores entre 62 y 67, en el máximo climaterio (E₃) los valores fueron de 71, para



la etapa postclimaterica (E_4) los valores de luminosidad mostraron un aumento del 22% llegando a valores arriba de 90.

Sin embargo no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los frutos sometidos a los diferentes tratamientos en ningún estadio.

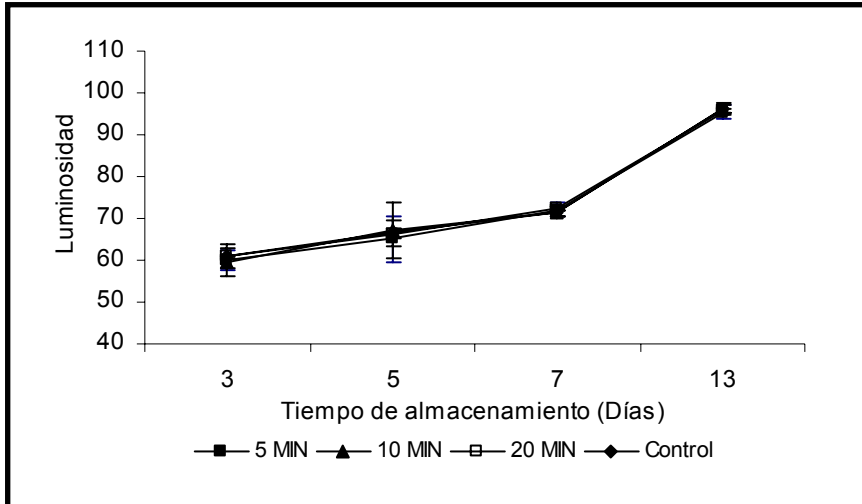


Figura 48. Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en la luminosidad del mango 'Ataulfo' durante la maduración.

Los valores representados son la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran \pm SD.

El ángulo Hue representa la tonalidad de color del fruto (rojo, azul, naranja, etc); en la figura 49 se encontró que; en el preclimaterio (E_1) los valores del tono fueron de aproximadamente 70 y aumentaron ligeramente siendo en el inicio del climaterio (E_2) de entre 77 y 84. En el máximo climaterio (E_3) el tono fue de 85. Se determinó que no existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tonos de los mangos sometidos a los diferentes tratamientos.

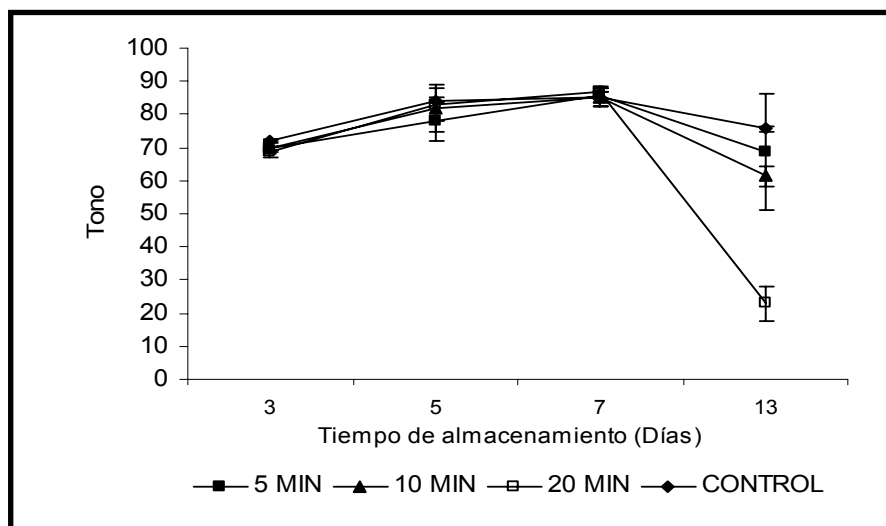


Figura 49. Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en el tono del mango 'Ataulfo' durante la maduración.

Los valores representados son la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran \pm SD.



En el postclimaterio (E_4) en los lotes de 5, 10 minutos y el control, se presentó un ligero descenso de los valores del tono, encontrándose entre 75 y 65; en los mangos tratados por 20 minutos, se observó una disminución del tono hasta un valor de 22, encontrándose diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en los frutos tratados por 20 minutos; debido a ligeras quemaduras en la superficie del fruto, que se observaron a los 13 días de almacenamiento.

En la figura 50; se muestran los cambios que el mango 'Ataulfo' presentó en la cromaticidad o intensidad de color durante el periodo de estudio. Este componente del color, se determinó utilizando las coordenadas a y b que son, parámetros evaluados por el sistema 'Hunter Lab'. Con relación a los valores de croma, o intensidad de color, se observó que iniciaron en valores cercanos a 45 en el preclimaterio (E_1) para todos los tratamientos; presentando un ligero aumento y en el inicio del climaterio (E_2) oscilaron entre 49 y 52, el valor más alto de la intensidad de color se presentó en el máximo climaterio (E_3) donde los valores fueron de 55 y 59.

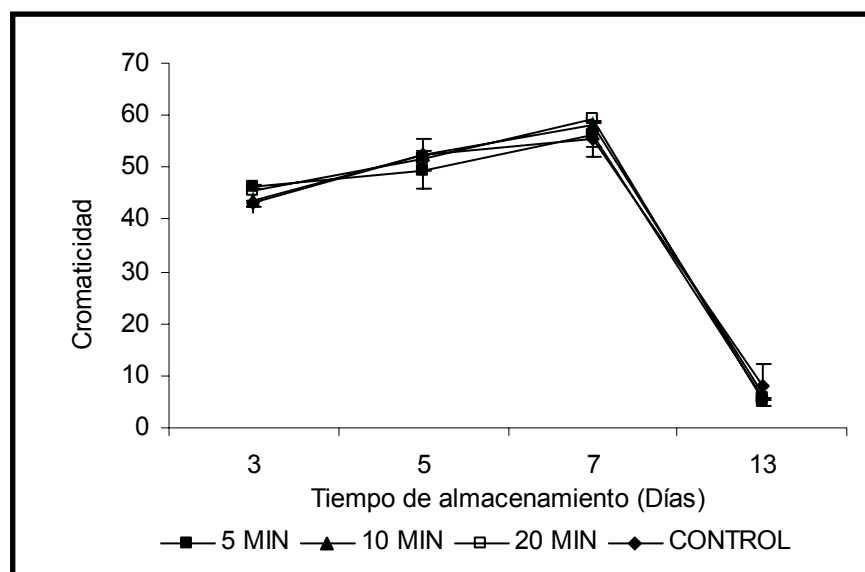


Figura 50. Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en la cromaticidad del mango 'Ataulfo' durante la maduración.

Los valores representados son la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran \pm SD.

Para el postclimaterio (E_4) la intensidad de color, presentó un descenso muy precipitado, llegando a valores entre 5 y 8; es importante notar que esta caída en el croma se presentó al final del almacenamiento, posterior a que el fruto alcanzara su madurez de consumo.

Además, los cambios en la cromaticidad no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos en ningún estado de madurez. Por lo cual, sabemos que los tratamientos aplicados a los mangos no afectaron este parámetro de color.



En trabajos realizados por Nyanjage *et al.*, (1998) encontraron que en mango ‘Keitt’ sometido a un tratamiento térmico por agua caliente a 46.5° C por 45 minutos, significativamente mejoran la luminosidad, el ángulo Hue y el croma, con respecto al control (no tratado). En mangos ‘Julie’ (McIntyre *et al.*, 1993) e ‘Hilacha’ (Manzano y Cañizares, 2001) no hubo efecto de los tratamientos en el color. D’hallewin *et al.* (2001) encontraron que el tratamiento por UV-C no afectó el color de la piel en toronja al evaluar la luminosidad, tono y croma.

5.4 Efecto en pérdida de peso.

La pérdida de peso de los productos vegetales, está relacionada con la pérdida de líquidos, especialmente agua, es un parámetro físico que fue evaluado durante este estudio, para conocer el efecto del tratamiento por radiación UV – C en esta variable. La pérdida de peso puede darse de manera natural en el mango debido a los procesos de respiración – transpiración que se presentan durante la maduración del fruto, pero es importante conocer el posible efecto de la radiación sobre este parámetro, debido a que la pérdida de peso afecta directamente a los productores provocando pérdidas económicas significativas.

En la figura 51, se muestran los cambios en este parámetro durante el periodo de almacenamiento. En el preclimaterio (E₁) la pérdida de peso fue de entre 1.5 y 1.7%, y aumentó de forma gradual, por lo cual se observó que para el inicio del climaterio (E₂) se encontraron valores de 3.3% aproximadamente; en el máximo climaterio (E₃) la pérdida de peso llegó hasta 4.9% y al llegar al postclimaterio (E₄) se presentó la mayor pérdida en el fruto llegando a valores de hasta un 7 %.

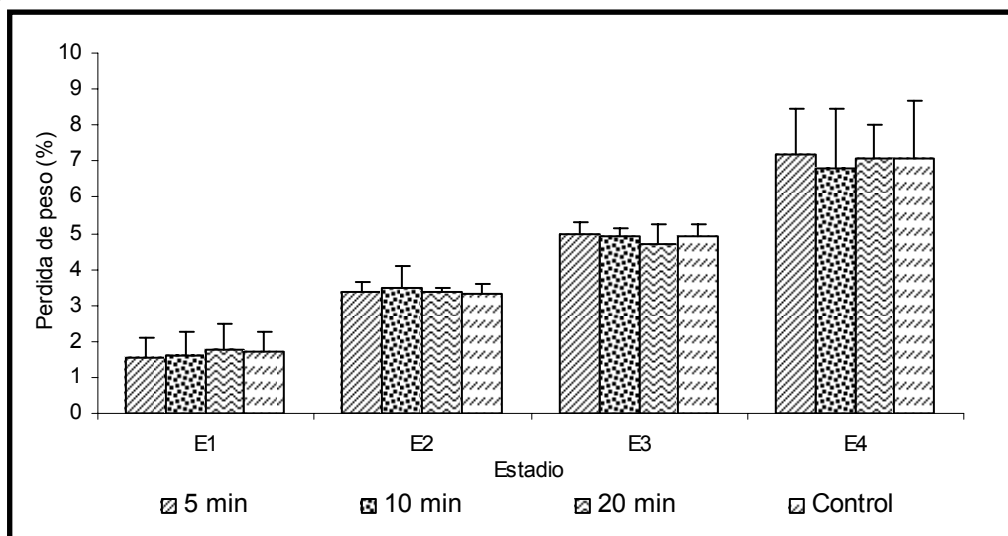


Figura 51. Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C en la pérdida de peso del mango ‘Ataulfo’ durante la maduración.

Los valores representados son la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran la SD.



En la pérdida de peso no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$), entre los diferentes lotes de mango en ninguno de los estados de maduración; encontrando que los tratamientos aplicados no presentaron efecto sobre la pérdida de peso del mango 'Ataulfo' almacenado a 20 ± 1 °C con HR de 90 ± 5 %. En frutos de la variedad 'Julie' (McIntyre *et al.*, 1993) e 'Hilacha' (Manzano y Cañizares, 2001) no hubo diferencia en la pérdida de peso entre los tratados y el control; pero en los mangos variedad 'Hilacha' la pérdida de peso fue en promedio del 20 %, casi tres veces del obtenido en el presente estudio. En duraznos, encontraron que un aumento en la dosis de radiación redujo la pérdida de peso (Stevens *et al.*, 1996), González-Aguilar (2004b) encontró que duraznos tratados por UV-C tienen una pérdida de peso menor que el control. Por otra parte, en un estudio realizado en frutos 'Tommy Atkins' a diferentes temperaturas de almacenamiento (Jerónimo *et al.*, 1996) se presentó una mayor pérdida de peso en frutos almacenados a 26 °C y 80% de HR, encontrando que estas variables son las que influyen más en la pérdida de peso de estos frutos.

5.5 Daños ocasionados por el tratamiento (IQ)

El índice de quemaduras (IQ) en los mangos, se determinó utilizando una escala subjetiva, para evaluar el daño provocado por la radiación en el mango que se manifestó como quemaduras en la piel del mismo. En la figura 52, se presenta el índice de daño que se manifiesta como resultado del tratamiento y se refiere a la superficie del fruto que presentó cambio de coloración.

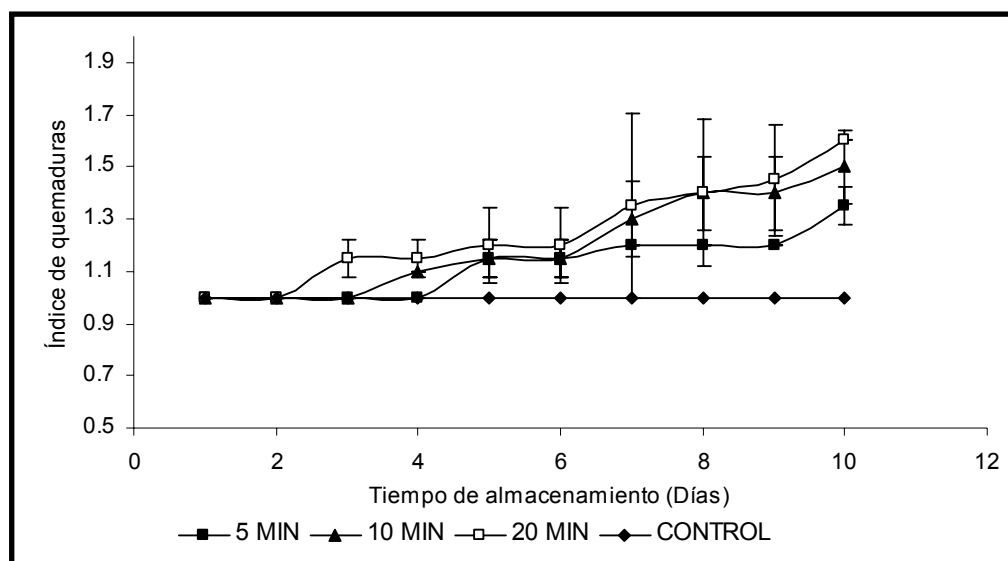


Figura 52. Índice de quemaduras en mango 'Ataulfo', irradiado por UV-C. Los valores representados son la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran \pm SD



Durante los dos primeros días de evaluación no se manifestaron daños en ninguno de los lotes en estudio, el tercer día los frutos tratados por 20 minutos, presentaron daños con valor de 1.15, pero en este momento fue el único lote para el cual hay evidencia de quemaduras.

En el cuarto día los daños se manifestaron en los frutos tratados por 10 y 20 minutos con un índice de 1.1 y 1.15, encontrando que existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$), con respecto al lote control y 5 minutos que no presentaron daños.

Para el quinto y sexto día; todos los mangos irradiados presentaron daños de 1.15 % para 5 y 10 minutos y 1.2 para 20 minutos, presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con el lote control.

En los siguientes días de observación, se encontró que el porcentaje de daños aumentó un poco cada día en los mangos irradiados; hasta que en el décimo día de observación se encontró que el índice de quemaduras fue de 1.35, 1.5 y 1.5, para los tratamientos por 5, 10 y 20 minutos, respectivamente, no se presenta diferencia significativa ($p \geq 0.05$), entre los lotes irradiados pero en el control nunca se manifestaron daños y por lo tanto, se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los lotes tratados y el control que no recibió tratamiento.

En duraznos sometidos a diferentes tiempos de radiación González-Aguilar *et al.* (2004b) encontraron que el tratamientos por 20 minutos provocó daños severos pero en los tratamientos por 3, 5 y 10 minutos los daños fueron ligeros y permitieron el control de daños por frío.

Es importante notar que el índice de quemaduras que se presentó en los mangos, fue menor al 25 % de la superficie total del fruto y sólo se presentó en la piel, la cual para cuestiones de consumo se convierte en un desecho.

La norma de calidad NMX-FF-058-SCFI-2006 podría ayudar a clasificar la severidad de las quemaduras, ya que uno de los defectos considerados por la norma son las quemaduras de sol; esto nos permitiría determinar si los daños ocasionados por el tratamiento provocan un deterioro en la calidad y para ello tendríamos que medir el diámetro de las quemaduras y considerar el calibre de los mangos.

En la figura 53 se muestran los mangos utilizados para la evaluación del índice de quemaduras después de haber sido sometidos a tratamiento por irradiación UV-C, en las imágenes se aprecia que los daños no fueron tan graves en ninguno de los estados de madurez del fruto. Aunque los porcentajes de daño se calcularon cercanos al 25 % al final del almacenamiento.



Durante el preclimaterio (E_1) no se presentaron daños en ninguno de los lotes, para el inicio del climaterio (E_2) las quemaduras se manifestaron en los tratamientos por 10 y 20 minutos, en el máximo climaterio (E_3) y el postclimaterio (E_4) se define el color de los frutos y se manifestaron finalmente los daños provocados por el tratamiento.

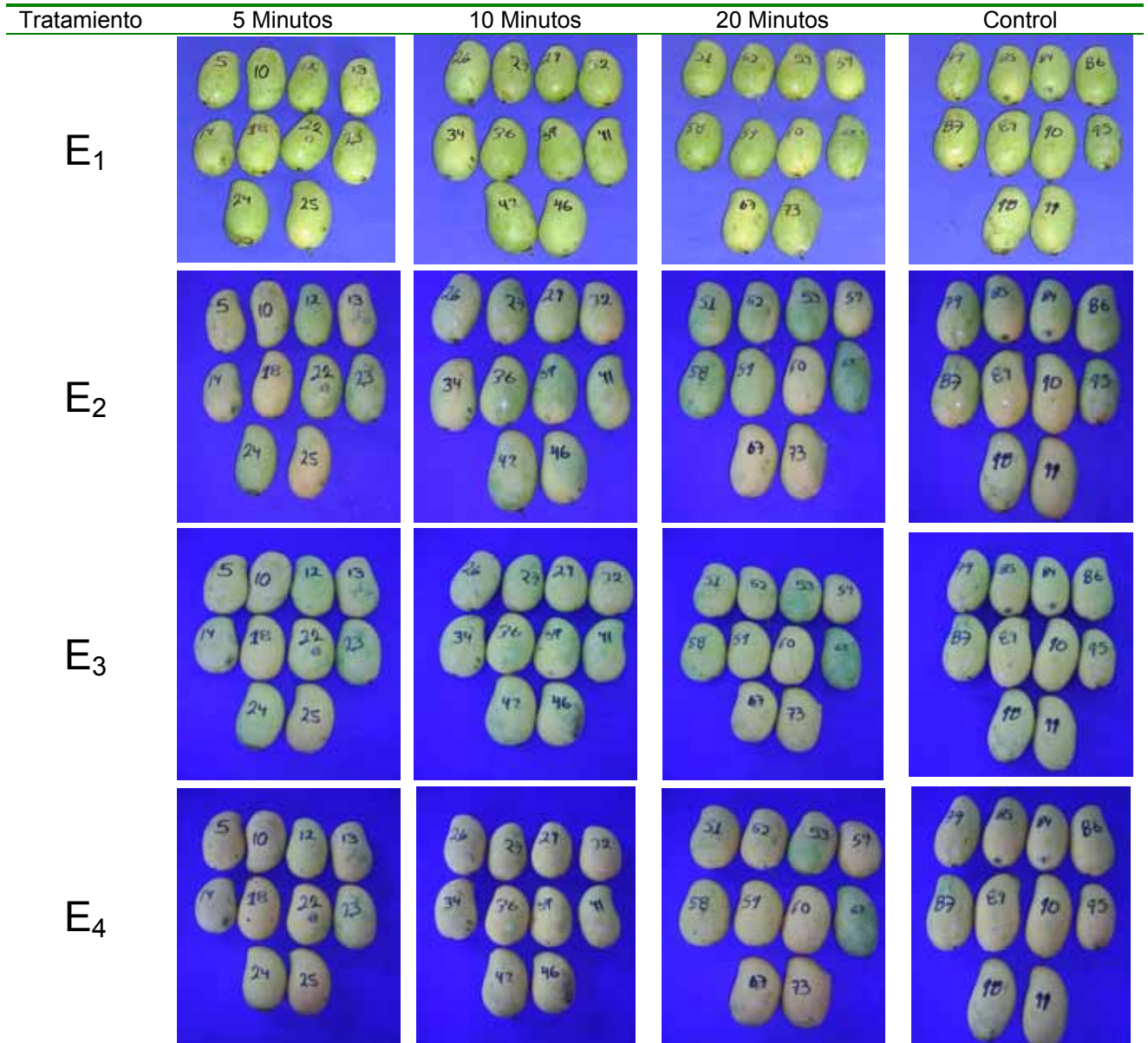


Figura 53. Mangos tratados por irradiación UV-C en diferentes estadios durante la maduración. E_1 : preclimaterio, E_2 : inicio del climaterio, E_3 : máximo climaterio, E_4 : postclimaterio.

El tratamiento aplicado provocó quemaduras en la piel del fruto que se aprecian conforme avanzó la maduración del fruto, y se presentaron los cambios de coloración de la piel del mango; de esto se establece que los colores verdes evitan que las quemaduras se aprecien; así mismo en las imágenes se apreció que en la zona más ancha del fruto fue donde los daños fueron mas evidentes.



La exposición al sol de manera natural puede provocar quemaduras en los mangos; por ello al someterlo a la radiación UV-C la cual es la más severa de los tres tipos de radiación ultravioleta los daños son mayores.

5.6 Efecto en el contenido de fenoles en mango 'Ataulfo'.

Los fenoles son sustancias que se encuentran de manera natural en productos vegetales, están relacionados con el sabor de algunos productos y son sustratos para las reacciones de pardeamiento enzimático, el interés en estos compuestos ha aumentado recientemente debido a sus potenciales efectos benéficos para la salud y actividades antimicrobianas.

En la figura 54 se presenta el contenido de fenoles en la piel de los mangos tratados por irradiaciones UV-C determinada en diferentes estados de madurez del fruto. Al observar los cambios en el contenido de fenoles, encontramos que el lote sometido por 5 minutos a radiación se presentó un aumento, iniciando en 73.4 mg / g de peso fresco en el preclimaterio, llegó hasta 110 mg / g de peso fresco en el máximo climaterio (E₃), posteriormente disminuyó para ser de 95 mg / g de peso fresco en el postclimaterio (E₄). En los mangos irradiados por 10 minutos se encontró que el contenido de fenoles inició en 94 mg / g de peso fresco en el preclimaterio (E₁), posteriormente disminuyó hasta 82.9 mg / g de peso fresco, en el inicio del climaterio (E₂) y a partir de esta etapa aumentó hasta 121 mg / g de peso fresco en el post-climaterio (E₄).

Los frutos tratados por 20 minutos presentaron un comportamiento similar pero los valores fueron 17% mayores que el tratamiento por 10 minutos en promedio y en el post-climaterio (E₄) fue de 117 mg / g de peso fresco. En los frutos control el contenido de fenoles fue de 102 mg / g de peso fresco, para el post-climaterio (E₄) aumentó hasta un valor de 123 mg / g de peso fresco. El análisis estadístico muestra que no existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos en ninguno de los estados de maduración.

A pesar de los cambios que se presentaron en el contenido de fenoles a lo largo del proceso de maduración, se encontró que los mangos irradiados por 5,10 minutos y el control, presentaron un aumento del 24, 23 y 17 %, respectivamente; si se compara el contenido inicial y final, en el tratamiento por 20 minutos el contenido de fenoles no presentó diferencia entre estas etapas.

En plantas de tomate y sandía (Rivero *et al.*, 2001), se encontró que como resultado del estrés térmico se provoca la acumulación de fenoles debido a la activación de su biosíntesis así como la inhibición de su oxidación.

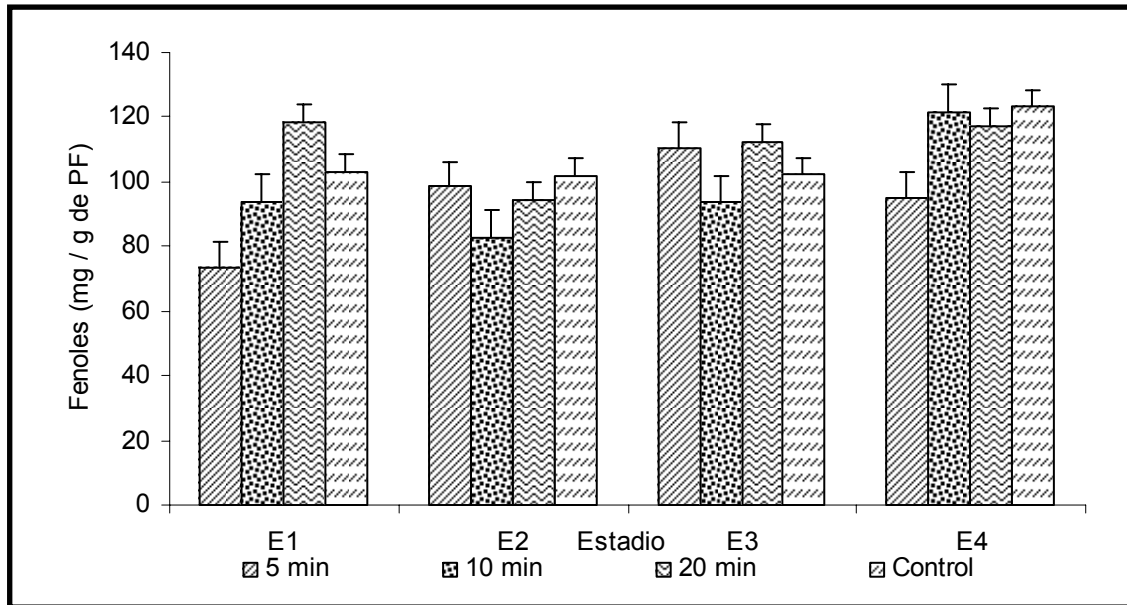


Figura 54. Contenido de fenoles en la piel a lo largo de la maduración del mango 'Ataulfo' sometido a tratamientos por irradiación UV-C.

Los valores representados son la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran + SD.

Al observar los cambios a lo largo del proceso de maduración, se encontró que no son tan drásticos, por lo cual aparentemente el nivel de irradiación aplicado no tiene un efecto importante en el contenido de fenoles en la piel del mango 'Ataulfo'.

En la figura 55 se presenta el contenido de fenoles en la pulpa de los mangos determinada en diferentes estados de madurez del fruto. En el tratamiento por 5 minutos, se encontró que el contenido de fenoles no cambió durante las tres primeras etapas de madurez, manteniéndose en 3 mg / g de peso fresco y posteriormente disminuyó hasta 1 mg / g de peso fresco en el postclimaterio (E₄).

El lote de 10 minutos de radiación presentó una reducción paulatina del contenido de fenoles, siendo de 4 mg / g de peso fresco en el preclimaterio (E₁) y disminuyó hasta 0.9 mg / g de peso fresco para el postclimaterio (E₄). Los mangos irradiados por 20 minutos presentaron un comportamiento similar disminuyendo de 3 hasta 0.7 mg / g de peso fresco para el final de la maduración.

Los frutos control se mantuvieron durante el preclimaterio (E₁) y el inicio del climaterio (E₂) en aproximadamente 3 mg / g de peso fresco, después disminuyó el contenido de fenoles presentando valores de 1.7 y 1.5 mg / g de peso fresco en el máximo climaterio (E₃) y el postclimaterio (E₄), respectivamente. No existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos en ningún estado de madurez.

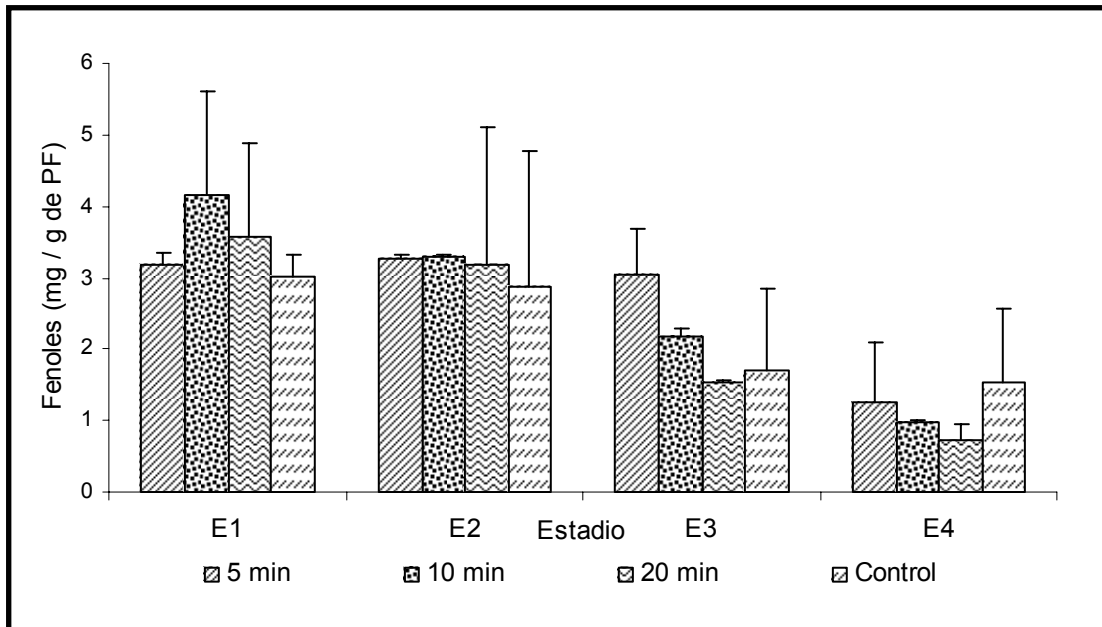


Figura 55. Contenido de fenoles en la pulpa a lo largo de la maduración del mango 'Ataulfo' sometido a tratamientos por irradiación UV-C.

Los valores representados son la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran + SD.

En estos resultados encontramos que la radiación UV-C no tiene efecto en el contenido de fenoles de las pulpas y esto se explica fácilmente con solo recordar que el tratamiento es superficial y los cambios del contenido de fenoles son congruentes con lo esperado en la maduración del fruto, van disminuyendo, de manera gradual. El contenido de fenoles en la pulpa fue 100 veces menor que en la piel del mango, esta distribución se debe a que la principal protección del fruto a todos los factores externos es su piel y los compuestos que la forman. Un estudio realizado por Gorinstein *et al.* (1999) demostraron que el contenido de polifenoles totales en mango maduro 'Keaw' es mayor que en otros frutos tropicales como el persimo.

En tuna (*Opuntia Picus indica* Mill) variedad 'Giala', se encontró que el contenido de fenoles totales disminuyó significativamente después de seis días de almacenamiento (Piga *et al.*, 2003). En fresa sometida a radiación ionizante (Beitfellner *et al.*, 2002) se determinó que tres ácidos fenólicos (gálico, p -cumárico y cafeico) no son afectados por el tratamiento.

5.7 Correlación entre el índice de quemaduras y contenido de fenoles.

Se obtuvieron las correlaciones obtenidas entre el índice de quemaduras de los frutos sometidos a diferentes tiempos de radiación UV-C y el contenido de fenoles en las pieles de los mismos.



Para conocer los valores de las correlaciones aplicamos una regresión lineal para determinar si existe y en que nivel una relación entre estas dos variables. En los frutos tratados conforme avanzó la maduración los daños provocados por el tratamiento fueron mayores como ya habíamos analizado anteriormente; excepto para el grupo control el cual no mostró daños y por lo tanto para este lote no se estableció una relación entre el índice de daños y el contenido de fenoles debido a que, en este caso los frutos no fueron sometidos a la radiación, y por lo tanto los cambios en el contenido de fenoles no estuvo relacionado con el índice de daño sino como resultado del metabolismo normal del fruto.

Se observó en el tratamiento por 10 minutos al aumentar la manifestación del daño, ya que el contenido de fenoles en la piel se incrementa, encontramos una correlación de $R = 0.9947$, prácticamente lineal donde podríamos decir que existe una relación directamente proporcional entre el índice de quemaduras y el contenido de fenoles, es decir como una respuesta del fruto al daño provocado por el tratamiento el contenido de fenoles aumentó, como un mecanismo de defensa.

Para el tratamiento por 5 minutos, la correlación calculada fue muy baja $R = 0.1938$, indicando que estas condiciones de tratamiento no provocaron una respuesta en el fruto.

En el caso de los frutos irradiados por 20 minutos, se encontró una correlación aún más baja entre las variables $R = 0.0634$, aunque es importante que observemos que el contenido de fenoles en los mangos sometidos a este tratamiento, fueron mayores que para los anteriormente mencionados, se encontró que el contenido de fenoles en la piel de los frutos tratados por 20 minutos fue mayor, pero no existe relación entre el índice de quemadura y el contenido de fenoles. Es decir, que un tratamiento de mayor intensidad provocó una acumulación de fenoles mayor en la piel del fruto, pero no como una respuesta al nivel de daño provocado.

De la misma manera, en las pulpas del mango los cambios en el contenido de fenoles para el grupo control son resultado de la maduración propia del fruto. Para los frutos irradiados por 5 minutos la correlación fue de $R = -0.777$ la cual permite decir que existe una relación inversa entre las variables, ya que se observó que el contenido de fenoles disminuyó conforme el nivel de daño fue mayor.

En el caso de los frutos tratados por 10 minutos, se encontró una correlación de $R = -0.9947$ que mostró la existencia una relación inversamente proporcional entre el nivel de daño y el contenido de fenoles, de igual manera para el tratamiento por 20 minutos, existió una correlación un poco más baja que en el anterior $R = -0.9577$, mostrando que mientras el nivel



de daño se manifiesta con mayor intensidad, el contenido de fenoles en la pulpa de los frutos disminuyó.

En tuna mínimamente procesada, se estableció que existe una buena correlación entre el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante (Piga *et al.*, 2003). En plantas de tomate y sandía, se encontró que la acumulación de fenoles es causada por la activación de la enzima PAL debido al estrés térmico; además la relación establecida entre la actividad de PPO, PDO y la concentración de fenoles totales parece indicar que el estrés por calor o frío inhibe las enzimas que oxidan estos compuestos (Rivero *et al.*, 2001).

En los datos obtenidos observamos que, aunque los daños evaluados se manifiestan en la piel de los frutos, el tratamiento aplicado provoca una respuesta en la pulpa de los mismos, donde encontramos que se manifiestan relaciones entre el índice de daño y el contenido de fenoles, es decir que; aunque la radiación UV-C no tiene un alto poder de penetración si tiene efecto en el contenido de fenoles de la pulpa.

5.8 Establecimiento de la concentración de inóculo que permita el desarrollo de los síntomas de antracnosis en mango.

Para estudiar el efecto de tratamientos por irradiación UV-C se estableció la concentración de inóculo que permitiera contar con frutos enfermos con antracnosis. Se utilizó la concentración de 180,000 conidios por mililitro utilizada en estudios anteriores en mangos de variedad 'Manila' (Ramírez, 2003) y 'Keitt' (Espinosa y Hernández, 2006); encontrándose que con esta concentración no se desarrollaron adecuadamente los síntomas de enfermedad en mangos variedad 'Ataulfo', ya que a los 10 días de observación los frutos ya maduros no presentaron las manchas hundidas de color negro que caracterizan a la enfermedad como se observa en la figura 56.



Figura 56. Mango 'Ataulfo' inoculado.

Por ello, se evaluó la aparición de los síntomas de antracnosis utilizando diferentes concentraciones de inóculo, para encontrar aquella que nos permitiera observar el desarrollo



característico de la enfermedad y evaluar la efectividad de los tratamientos propuestos en el control de la enfermedad.

En la figura 57 se presentan las imágenes de los mangos inoculados con diferentes concentraciones de inóculo. Lotes de 10 frutos fueron inoculados y almacenados a 20 ± 1 °C con HR de 90 ± 5 % durante diez días para realizar diariamente la evaluación del avance de la enfermedad; encontrando que en el día 1 los mangos no presentaron síntomas de antracnosis para ninguna de las concentraciones utilizadas.

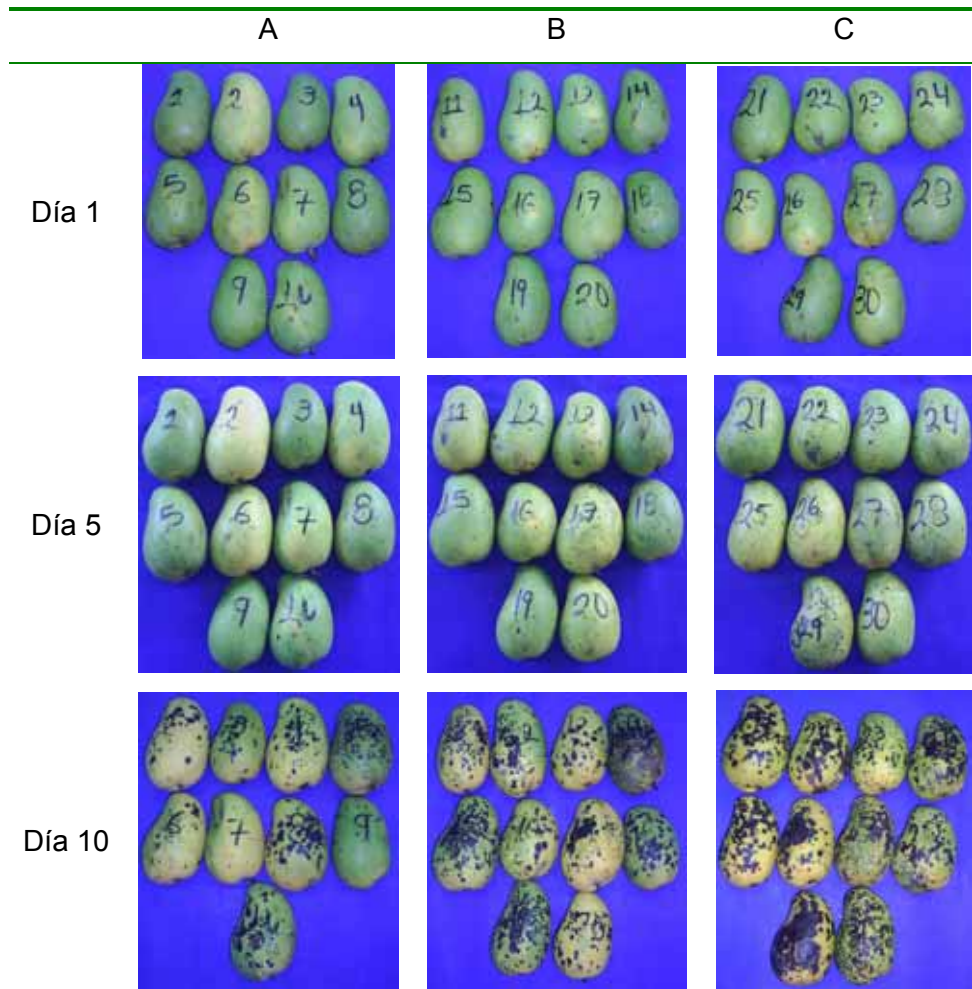


Figura 57. Imágenes del desarrollo de antracnosis utilizando diferentes concentraciones de inóculo: A) 300,000 conidios/ml, B) 600,000 conidios/ml, C) 900,000 conidios/ml.

En el día 5, se observó la aparición de pequeños puntos negros similares a lunares en la superficie de los frutos inoculados con 900,000 conidios por mililitro; los cuales no se apreciaron en las otras concentraciones; para el décimo día los mangos presentaron síntomas más evidentes para todas las concentraciones, pero fueron más similares a los observados en otros estudios los provocados por la inoculación con la mayor concentración.



A partir de esta evaluación, se decidió utilizar la concentración de 900,000 conidios por mililitro para evaluar la eficacia de los tratamientos por UV-C en el control de la antracnosis.

5.9 Evaluación de la infección por antracnosis y de los tratamientos por radiación UV-C sobre los parámetros de calidad y fisiológicos del mango variedad 'Ataulfo'.

La susceptibilidad de los frutos de mango a las enfermedades se incrementa después de la cosecha y en el almacenamiento, como resultado de los cambios fisiológicos que sufre el fruto durante el proceso de maduración, que facilita el desarrollo de enfermedades. En mango *Colletotrichum gloeosporioides*, es el agente causal de Antracnosis. La antracnosis es la enfermedad más importante en todos los sitios de producción del mango, causa daños considerables en las flores, hojas y frutos, siendo las pérdidas mayores en poscosecha.

Los síntomas: son manchas hundidas de color negro en la superficie del fruto, siendo más severa después de periodos de clima húmedo. La antracnosis es responsable del 20% de las pérdidas poscosecha en mango (Celiliano *et al.*, 1996). En México esta enfermedad se encuentra diseminada en los 24 estados productores de mango con ataques destructivos en floración, fructificación y poscosecha (Becerra, 1995). Para el desarrollo de antracnosis es necesario un nivel de HR mayor al 95% (Mena *et al.*, 2001). La capacidad de *Colletotrichum gloeosporioides* de sobrevivir como saprofito le da la ventaja de tener inoculo disponible durante todo el ciclo productivo (Ceciliano y Vinicio, 1996). Este patógeno infecta frutas inmaduras pero permanece inactivo y no causa ningún daño hasta la madurez, cuando se observa un decaimiento extensivo en el fruto (Prusky *et al.*, 1984).

En otros estudios ha sido reportada la eficacia de la radiación UV-C contra diferentes tipos de microorganismos y por ello se ha despertado el interés en su aplicación para la desinfección de alimentos (Allende y Artes, 2003). Debido a la importancia de la antracnosis como causante de importantes pérdidas poscosecha en mango, se han buscado métodos para su controlar o reducir su incidencia, en este caso se aplicaron tratamientos con radiaciones UV-C, sin olvidar su efecto en la calidad del fruto.

5.9.1 Efecto en respiración.

La figura 58 muestra los cambios en la respiración del mango 'Ataulfo' infectado con el hongo causante de la antracnosis (*C. gloeosporioides*) y sometido a radiación. Se observó que los diferentes lotes de mango presentaron un comportamiento muy similar a lo largo de su almacenamiento a 20 ± 1 °C y 90 ± 5 % de HR.

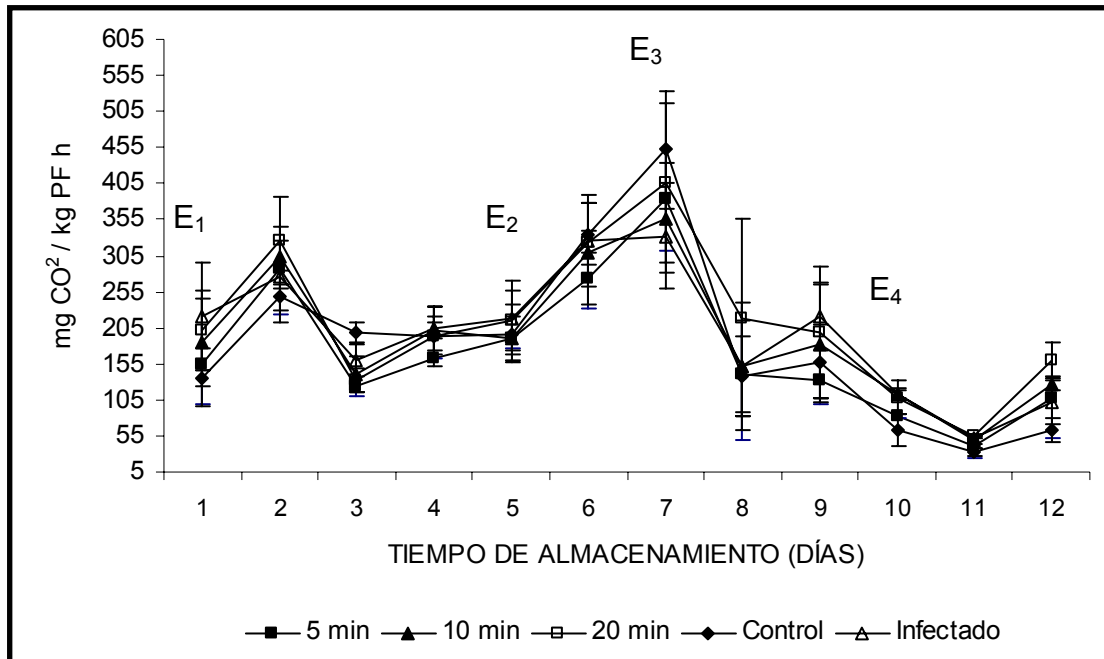


Figura 58. Cambios en la respiración del mango 'Ataulfo' infectado con *C. gloeosporioides* y tratados por irradiación UV-C.

Los valores representan la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran \pm SD.

En el primer día de almacenamiento, se encontró que el lote infectado, presentó un valor más alto en la respiración en el preclimaterio (E_1), siendo de 220 mg CO₂/kg PF h comparado con los demás lotes que presentaron una producción de CO₂ más baja de 201, 184 y 154 mg CO₂/kg PF h para los lotes tratados por 20, 10, 5 minutos respectivamente, mientras que el lote control presentó un valor de 136 mg CO₂/kg PF h; es decir que el lote infectado tiene una producción de CO₂ 61% más alta que el lote control, aun cuando se encontró esta diferencia estadísticamente no se observó diferencia significativa ($p \geq 0.05$). El segundo día del almacenamiento, se observó un pico en la respiración de los frutos, donde se encontró que la producción de CO₂ aumentó comparado con el día anterior 85, 64, 61% para los lotes de 5, 10 y 20 minutos, respectivamente y se elevó 82 % para el control y 25 % en los infectados; muy repentinamente, debido a que esta situación se presentó para todos los lotes y no se observó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) este aumento debe ser resultado de una situación de estrés para el fruto que pudo haberse presentado como resultado de su manipulación o una modificación en las condiciones de almacenamiento. Esto se debió a que los frutos se inocularon, se guardaron e incubaron en bolsas con cierre hermético por 24 horas, como se describió en el apartado 4.9, lo que originó que el fruto se sometiera a estrés por el CO₂ acumulado, y por tanto, esta diferencia se reflejó en los valores de respiración registrados durante los primeros días



El quinto día se presentó el inicio del climaterio (E_2) para todos los lotes caracterizado por un aumento paulatino en la producción de CO_2 que inició en valores de 123,140 y 131 mg CO_2/kg PF h para los mangos de 5,10 y 20 minutos de tratamiento respectivamente y de 158 mg CO_2/kg PF h para los infectados entre los cuales no se registró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) y 198 mg CO_2/kg PF h para los controles el cual si presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a los otros tratamientos.

Los mangos presentaron el máximo climaterio (E_3) correspondiente al pico respiratorio el séptimo día para todos los tratamientos; el lote control presentó el valor más alto, siendo de 451 mg CO_2/kg PF h, los mangos irradiados presentaron los valores más bajos con valores de 384, 356 y 405 mg CO_2/kg PF h para los mangos tratados por 5,10 y 20 minutos, respectivamente. Al analizar los valores obtenidos se encontró que los tratamientos redujeron la respiración de los frutos, siendo 10.3% menor para el lote irradiado durante 20 minutos; 14.4 % más bajo el lote por 5 minutos y 19.7% menor el de 10 minutos con respecto al control. Esto puede ser explicado, debido al tratamiento por UV-C ya que puede afectar algunas enzimas relacionadas con la respiración oxidativa. En tratamientos térmicos, se ha reportado que el efecto en la tasa respiratoria puede deberse a la inhibición o activación de las enzimas involucradas en el proceso de respiración por lo que podría provocar un desacoplamiento en la fosforilación oxidativa (Kader, 1986b).

El lote infectado presentó una respiración un poco más baja siendo de 332 mg CO_2/kg PF h; a pesar de la disminución de la tasa respiratoria en los lotes irradiados estadísticamente no existió diferencia significativa ($p \geq 0.05$).

La etapa postclimaterica (E_4) se presentó para todos los tratamientos a partir del octavo día, donde los frutos entran en un proceso de senescencia, durante esta etapa, la producción de CO_2 del lote control fue más baja comparada con los otros lotes; en el noveno día los mangos infectados presentaron una mayor producción de CO_2 con valor de 220 mg CO_2/kg PF h, encontrando que existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) de los mangos infectados comparado con los otros lotes. Este aumento en la respiración puede deberse al avance de la infección sobre los frutos y el proceso de penetración del hongo que pasa de la etapa biotrófica a la necrotrofica (Mendgen y Hahn, 2002). El doceavo día se presentó un aumento en la respiración, los valores fueron de 101 y 108 mg CO_2/kg PF h para los mangos irradiados por 5 minutos y los infectados, entre los cuales no se observó diferencia significativa ($p \geq 0.05$). Los tratados por 10, 20 minutos y control presentaron valores de 127, 160 y 63 mg CO_2/kg PF h respectivamente, encontrando que los valores obtenidos en estos lotes fueron diferentes significativamente ($p \leq 0.05$) con relación a los mencionados anteriormente.



5.9.2 Efecto en parámetros de calidad

Los cambios en los parámetros de calidad en los frutos infectados con *C. gloeosporioides* deben monitorearse para determinar el efecto del avance de la infección y evaluar en que medida los tratamientos aplicados reducen el efecto del hongo en la calidad de fruto.

En la figura 59 se muestran los cambios de pH presentados por los frutos, se observa que en el lote control los valores de pH fueron de 3.3 y 3.2 en las etapas preclimaterica (E_1) y en el inicio del climaterio (E_2), posteriormente aumentó a valores de 4.3 en el máximo climaterio (E_3) y para el postclimaterio (E_4) fue de 5.6.

En el caso de los frutos infectados sin tratamiento se observó que presentaron un pH de 2.9 en la etapa preclimaterica (E_1) y no cambió para el inicio del climaterio (E_2), posteriormente mostraron un aumento hasta 4.3 en el máximo climaterio (E_3) y para el postclimaterio (E_4) el pH fue de 5.2, mostrando un valor 7.1 % más bajo que en el lote control.

En los mangos tratados por irradiación, se encontró que en la etapa preclimaterica (E_1) presentan valores de pH entre 2.8 y 3.0 para todos los lotes, en esta etapa se encontró que el lote control mostró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás lotes.

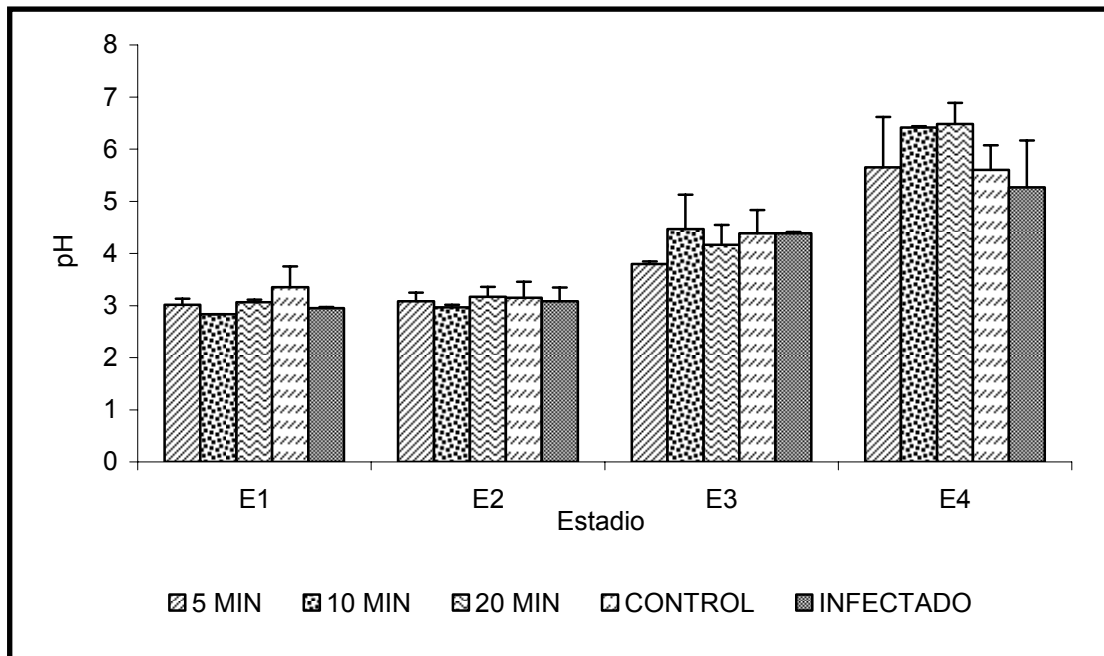


Figura 59. Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre el pH de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20°C.

Los valores representan la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran + SD.

Para el inicio del climaterio (E_2) los frutos irradiados presentaron un ligero aumento de pH, dando valores de entre 2.9 y 3.1, encontrando que no existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$) con ninguno de los tratamientos en ésta etapa de maduración.



Para el máximo climaterio (E_3) se presentó un aumento considerable en los valores de pH siendo de 3.8, 4.4 y 4.1 para los lotes tratados por 5, 10 y 20 minutos respectivamente, sin encontrar diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre ninguno de los tratamientos en este estadio. Finalmente para el postclimaterio (E_4) el pH aumentó hasta 5.6, 6.4 y 6.4 para los frutos irradiados por 5, 10 y 20 minutos respectivamente, sin diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los frutos sometidos a tratamiento y el lote control. En esta etapa se encontró que solo los frutos infectados sin tratamiento mostraron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a los demás lotes, encontrando que el efecto en el pH se debe a la acción del hongo sobre el mango y no al tratamiento al cual fueron sometidos. En mangos con película de quitosán e inoculados con *C. gloeosporioides* el pH fue menor que en frutos sin película (Cruz y Pérez, 1998), en mangos 'Manila' no se encontró efecto en el pH debido a los tratamientos térmicos (Ramírez, 2003).

La acidez en los frutos climatéricos presenta una tendencia descendiente conforme avanza la maduración, en el caso de los mangos la acidez también muestra esta tendencia como puede notarse en la figura 60, en donde se observa que en la etapa preclimaterica (E_1) los frutos infectados sin tratamiento y los tratados por 5 y 20 minutos presentaron valores de acidez de 0.2 % de ácido cítrico no encontrando diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre estos lotes, los irradiados por 10 minutos presentaron una acidez de 0.29 % de ácido cítrico y el lote control de 0.17 % siendo estos dos últimos diferentes significativamente a los otros lotes ($p \leq 0.05$). Para el inicio del climaterio (E_2) se encontró que descienden los valores de la acidez a un rango entre 0.17 y 0.22 % de ácido cítrico y para el máximo climaterio (E_3), los valores fueron de entre 0.06 y 0.02 % de ácido cítrico donde no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre ninguno de los lotes.

En la etapa postclimaterica, los valores de la acidez fueron muy bajos, gráficamente se puede apreciar que los ácidos del fruto prácticamente desaparecieron.

Los mangos infectados sin tratamiento y los mangos control mostraron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el contenido de acidez con respecto a los frutos tratados. La acidez fue afectada por los tratamientos en papaya (Acosta y Nieto, 2002) y tomate (Lurie y Klein, 1992), contrario a lo encontrado por Ramírez (2003), que no encontró diferencias entre los mangos tratados y control.

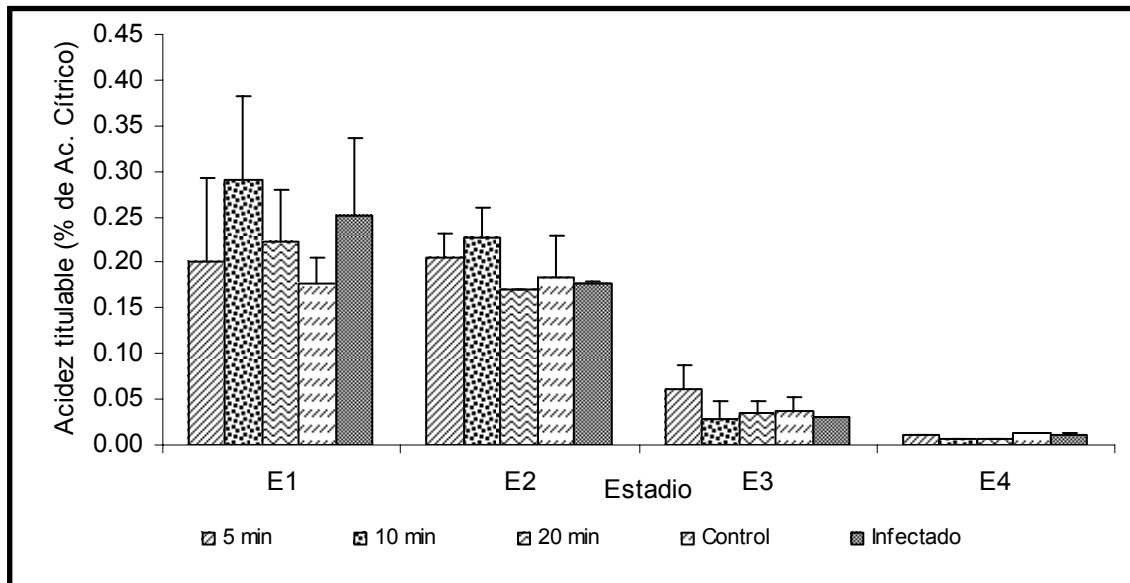


Figura 60. Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre la acidez de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20°C. Los valores representan la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran + SD.

El contenido de sólidos solubles de los mangos fue aumentando conforme avanzó la maduración como resultado de los procesos metabólicos propios del fruto. En la figura 61 se observan los cambios que se presentaron en este parámetro. En el preclimaterio (E₁) los valores se encontraron entre 12 y 14 ° Brix, para el inicio del climaterio (E₂) se observó un ligero aumento a valores entre 14 y 14.8 ° Brix. Para el máximo climaterio (E₃) los sólidos solubles llegaron hasta valores entre 15.5 y 16.8 ° Brix sin que se encontrara diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos en ninguna de estas etapas de maduración.

Para el postclimaterio (E₄), se observó un descenso en el contenido de sólidos solubles encontrando valores de 13.7, 13.5 y 14 ° Brix para los mangos tratados por 5, 10 y 20 minutos respectivamente, siendo ligeramente más bajos que el lote control cuyo contenido de sólidos solubles fue de 15.4 ° Brix. Para el lote infectado sin tratamiento se encontró que su contenido de sólidos solubles no cambió, manteniéndose en 16.3 ° Brix, siendo este valor el que presentó diferencia significativa, ($p \leq 0.05$) con respecto a los otros lotes. En mangos 'Manila' tratados térmicamente (Ramírez, 2003) se encontró una disminución en el contenido de sólidos solubles, contrario a lo encontrado por Acosta y Nieto (2002) en papaya donde estos aumentaron.

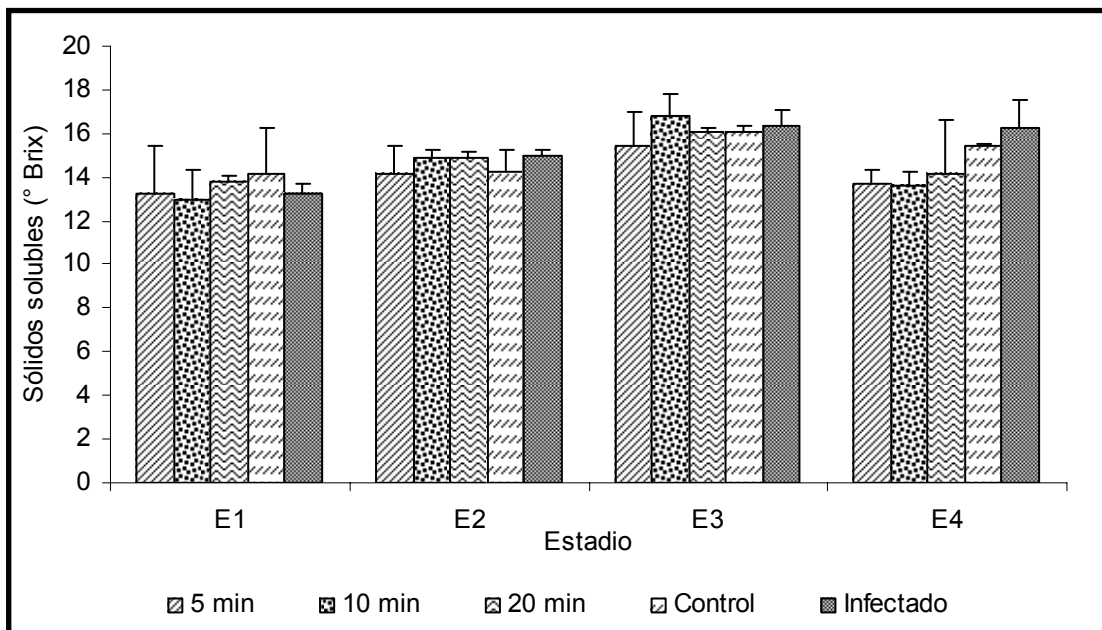


Figura 61. Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre los sólidos solubles de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20°C. Los valores representan la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran + SD.

Los cambios fisiológicos durante la maduración del fruto propician cambios en la pared celular que provocan ablandamiento de los tejidos del fruto. En la figura 62 se observa como los mangos fueron perdiendo firmeza a lo largo del proceso de maduración, encontrando en el preclimaterio (E₁) valores entre 21 y 26 Kg /cm² sin presentar diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos en este estado de madurez.

En el inicio del climaterio (E₂) los frutos mostraron un descenso en la firmeza, encontrando valores de 21.3 y 21.2 Kg /cm² para los tratados por 10 y 20 minutos, de 23.6 y 20.6 Kg /cm² para los mangos control e infectados sin tratamiento, respectivamente; entre los cuales no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$). En el caso del lote tratado por 5 minutos presentó valores de firmeza de 17.2 Kg /cm², encontrando que este lote mostró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a los mencionados anteriormente. Para el máximo climaterio (E₃) la firmeza desciende hasta valores de 11.4 y 14.6 Kg /cm² sin que exista diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los lotes para esta etapa de madurez del fruto.

En la etapa postclimaterica (E₄) se encontró que el lote control presentó valores de firmeza de 10.3 Kg/cm². Para los lotes tratados por 5, 10 y 20 minutos los valores fueron de 5, 4.5 y 4.9 Kg /cm² respectivamente, siendo la firmeza en promedio 54% menor con respecto al control.



El lote infectado sin tratamiento tiene una firmeza de 3.2 Kg /cm² (69% menor que el control), es decir se encontró que los frutos en los cuales la infección se ha desarrollado se presentó una pérdida de firmeza mayor, encontrando que existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el control y los otros lotes.

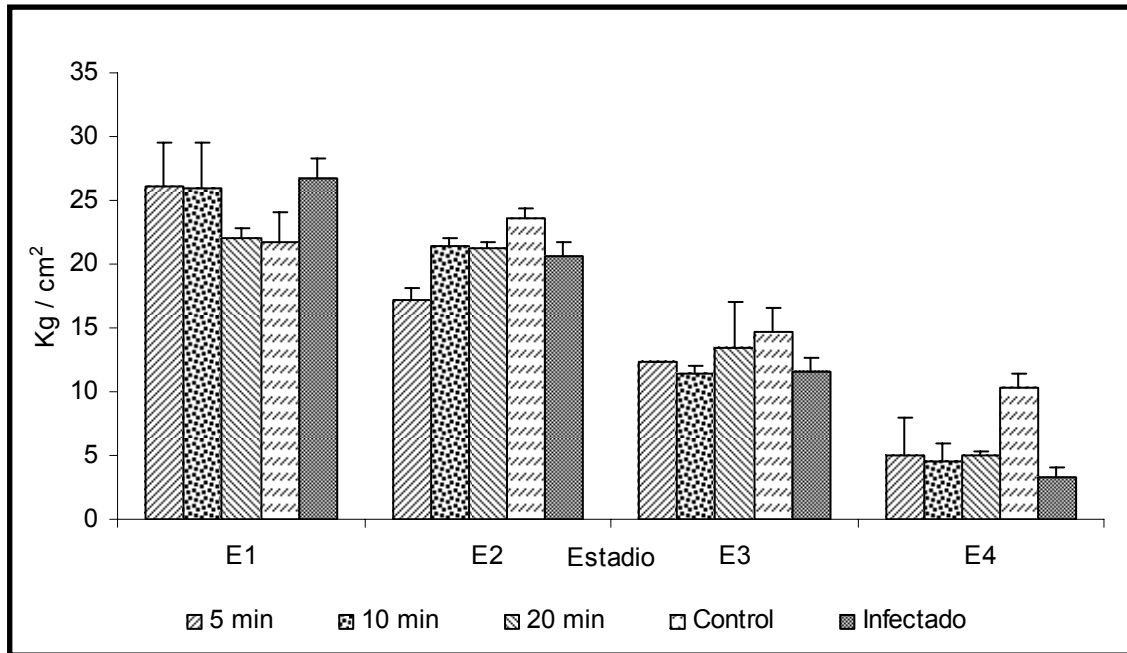


Figura 62. Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre la textura de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20 °C.

Los valores representados son la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran + SD.

El color es una característica física de los mangos que sufre cambios conforme avanza la maduración de los mismos y que permite identificar fácilmente el estado de madurez óptimo para el consumo de estos frutos, y determina de manera importante el grado de aceptación de los mismos. Los parámetros de luminosidad, tono y croma pueden ser afectados por el avance de la infección causada por *C. gloesporioides* por ello fue importante determinar el efecto de la antracnosis en estos parámetros.

En la figura 63 se observan los cambios en luminosidad que presentaron los frutos, en la etapa preclimaterica (E_1) los valores de L se encontraron entre 58 y 62. Para el inicio del climaterio (E_2) aumentó la luminosidad a valores de 69 y 70.

Para el máximo climaterio (E_3) los valores no cambiaron y se encontraron entre 71 y 72; para la etapa postclimaterica (E_4) aumentaron los valores de luminosidad en un 33 % aproximadamente para encontrar valores de 88, 84 y 81 para los mangos tratados por 5, 10 y 20 minutos, y valores de 82 para los infectados sin tratamiento y 93 para los controles.



A pesar de la diferencia numérica entre los valores en este último estado de madurez no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los diferentes lotes en ninguna de las etapas de maduración del mango. En mangos 'Keitt' (Espinosa y Hernández, 2003) no se encontró diferencia en este parámetro entre los frutos tratados y los no tratados, a diferencia de estos resultados en papaya (Acosta y Nieto, 2003) y mango 'Manila' (Ramírez, 2003) hubo una disminución en la luminosidad de los frutos, sobre todo en los frutos infectados sin tratamiento.

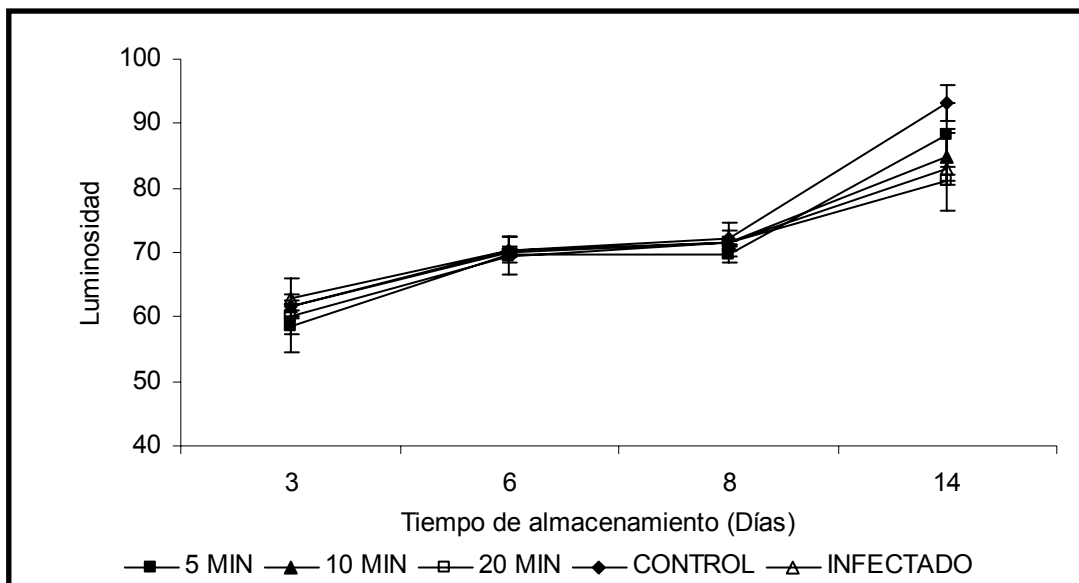


Figura 63. Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre la luminosidad de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20 °C. Los valores representan la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran \pm SD.

Los cambios de tono se muestran en la figura 64, donde se observó que en el preclimaterio (E_1) los valores para el ángulo hue estuvieron entre 76 y 79, posteriormente aumentó y; para el inicio del climaterio (E_2) fueron de entre 86 y 88. En el máximo climaterio (E_3) se presentó un ligero descenso encontrándose entre 81 y 85. En estas etapas no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos.

Para el postclimaterio (E_4), se presentó un descenso en los valores del tono, encontrando valores de 51, 54 y 57 para los mangos tratados por 5, 10 y 20 minutos; los controles presentaron un valor de 64 entre estos no existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$). Los infectados presentaron un valor de 74, por lo cual este lote muestra diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en esta etapa de madurez con respecto a los mencionados anteriormente.



Los resultados demuestran que la infección del fruto afectó al tono, es decir que los tratamientos por UV-C evitaron que los frutos presentaran ese efecto en la piel debido a la presencia del hongo. En el estudio realizado por Ramírez (2003), el tono en los frutos infectados sin tratamiento presentó el mismo comportamiento.

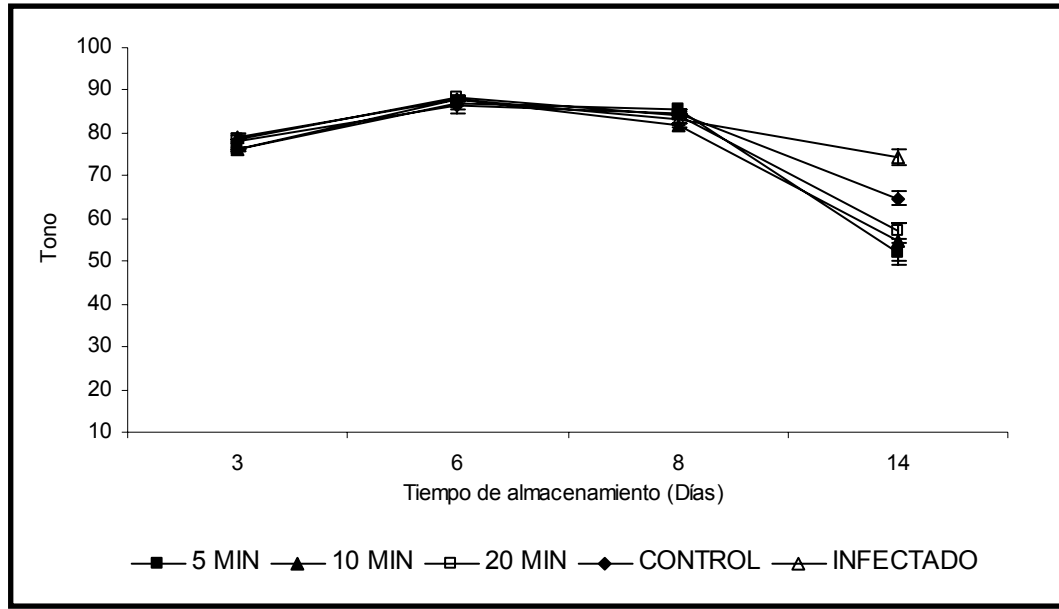


Figura 64. Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre el tono de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20 °C.

Los valores representan la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran \pm SD.

En la figura 65 se muestran los cambios en el croma o intensidad de color de los mangos. En la etapa preclimaterica (E_1) la intensidad de color fue de entre 49 y 51, aumentó ligeramente y en el inicio del climaterio (E_2) presentaron valores de entre 53 y 57.

En el máximo climaterio (E_3) la intensidad de color fue de 57 aproximadamente. Para la etapa postclimaterica (E_4) la croma descendió de manera drástica, dando valores de 14, 10, 13 y 11 para los frutos tratados por 5, 10, 20 minutos y los infectados sin tratamiento con un valor de 5 para los mangos control, aunque evidentemente la intensidad de color fue menor en el control comparado con los demás lotes al final del almacenamiento. No existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en la intensidad del color entre los tratamientos en ninguno de los estados de madurez del mango.

Espinosa y Velásquez (2006) de manera contraria en mangos variedad 'Keitt' determinaron que los tratamientos térmicos provocaron un aumento en la intensidad de color de los frutos en el último estadio

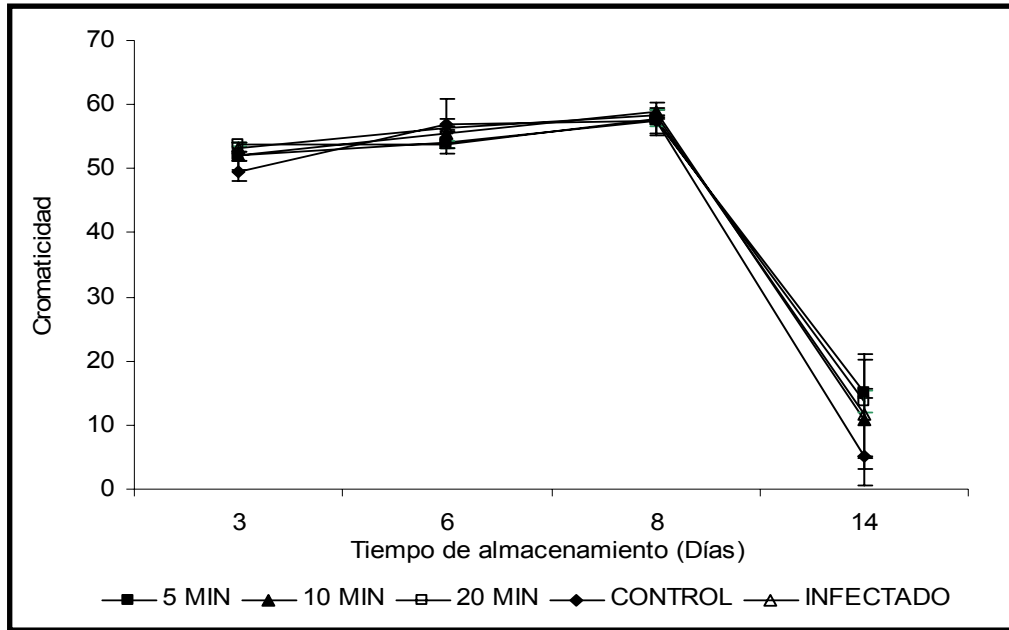


Figura 65. Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre la cromaticidad de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20 °C. Los valores representan la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran \pm SD.

5.10 Efecto en pérdida de peso.

Anteriormente analizamos, el porcentaje de la pérdida de peso en mangos irradiados con luz UV-C, para conocer el efecto del tratamiento en esta parámetro. En la figura 66 se observa la pérdida de peso en los mangos infectados por *C. gloesporioides* y sometidos a tratamientos por irradiación para controlar el avance de la enfermedad.

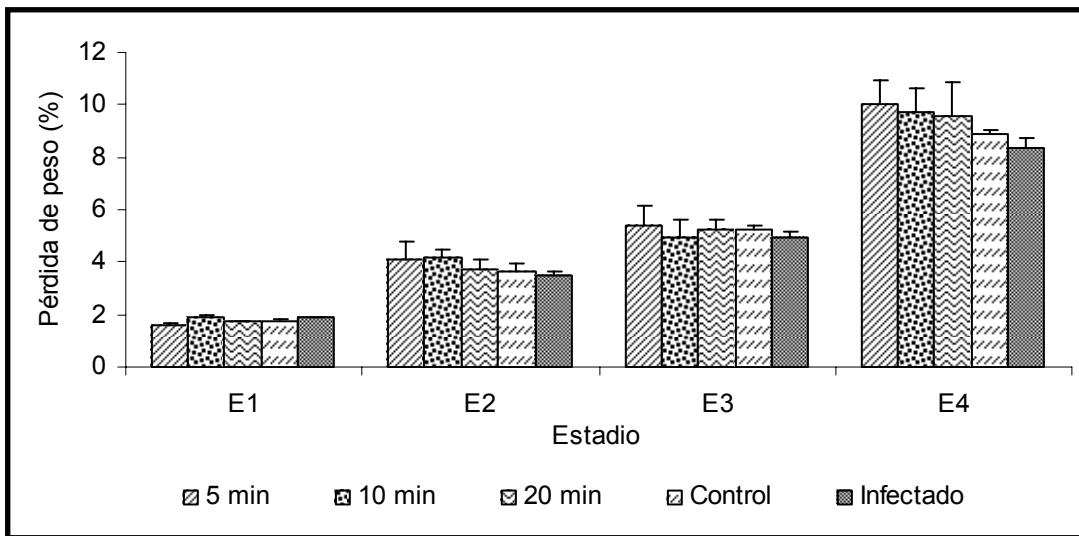


Figura 66. Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C y de la infección por antracnosis sobre la pérdida de peso de mangos variedad 'Ataulfo' almacenados a 20 °C. Los valores representan la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran \pm SD.



En el preclimaterio (E_1) la pérdida de peso fue de 1.7 %; aumentó paulatinamente y para el inicio del climaterio (E_2) fue de 4 % aproximadamente en el máximo climaterio (E_3) la pérdida de peso fue de 5 % y se encontró que para el postclimaterio (E_4) fueron de 10, 9.6 y 9.5 % para los mangos tratados por 5, 10 y 20 minutos, para los mangos control y los infectados fueron del 8.9 y 8.3 %, respectivamente.

En los resultados obtenidos no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en las pérdidas de peso para los diferentes lotes de mangos en ningún estado de madurez. Debido a lo anterior se puede decir que el avance de la infección por *C. gloeosporioides* o el tratamiento no son variables determinantes en la pérdida de peso de los mangos almacenados a 20 ± 1 °C con HR de $90 \pm 5\%$.

Contrario a lo obtenido en el presente estudio en aguacate (Kerbel *et al.*, 1987) y papaya (Acosta y Nieto, 2002) la pérdida de peso fue mayor en los frutos sometidos a tratamientos térmicos, mientras que en mangos variedad 'Manila' (Ramírez, 2003) los frutos infectados sin tratamiento perdieron 25 % de peso.

5.11 Efecto de tratamientos por UV-C en el control de antracnosis en mango.

La antracnosis es causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, es una de las enfermedades más importantes del mango, sobre todo en regiones con temperaturas y humedades relativas elevadas (Fitzell y Peak, 1984). Esta enfermedad se presenta en todas las etapas fenológicas del cultivo, y causa pérdidas considerables en producción tanto en precosecha como en postcosecha (Cook, 1975). El manejo de la antracnosis requiere que se integren una serie de medidas preventivas y terapéuticas, con miras a reducir el potencial de inóculo o reprimir la infección cuando ésta se ha iniciado (Mukherjee, 2000).

En algunos países se hace tratamiento de shock térmico; los frutos una vez seleccionados se ponen en agua fría (4°C) por 15 a 30 minutos y luego se les hace la inmersión en agua caliente (Mukherjee, 2000). Para controlar esta importante enfermedad se han buscado desarrollar nuevas tecnologías para su manejo, en el presente trabajo se evaluó la aplicación de radiaciones UV-C.

Para determinar la eficacia del tratamiento aplicado en el control de la antracnosis, se evaluó el índice de decaimiento, para esto utilizamos una escala subjetiva y mediante un análisis visual diario se determinó el porcentaje de daño sobre la superficie del fruto provocado por el avance de la antracnosis. Los daños se caracterizaron por la aparición de manchas hundidas de color negro en la piel del mango.



En la figura 67 se observó el avance de la infección, durante los primeros cuatro días de observación, se encontró que no se presentó ninguna evidencia de la enfermedad para ninguno de los lotes de mango en estudio. Para el quinto día, se encontraron que los síntomas de la enfermedad se presentaron un avance de 1.65 para los mangos tratados por 5 min, 1.35 en los frutos irradiados por 10 y 20 minutos, entre ellos no se observó diferencia significativa ($p \geq 0.05$). Los frutos infectados sin tratamiento mostraron un avance de la infección de 1.9 y los controles no presentaron ningún síntoma de la enfermedad, encontrando que ambos lotes presentaron diferencia significativa con relación a los mangos tratados. En mangos con película de quitosán los síntomas de antracnosis se presentaron hasta el doceavo día, mientras que en los no tratados se presentaron el quinto día (Cruz y Pérez, 1998). En este caso, aunque los daños comenzaron a manifestarse al mismo tiempo el porcentaje de daño fue menor en los frutos tratados.

Para el sexto día el avance de la infección fue mayor registrándose valores de índice de decaimiento 1.9, 1.8, 2 para los frutos irradiados por 5, 10 y 20 minutos respectivamente, entre los cuales no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$). Para los infectados sin tratamiento se presentó en un 2.3 y para los controles no presentó síntomas. El comportamiento descrito anteriormente se presentó de manera similar durante el séptimo, octavo y noveno día de la evaluación aunque el porcentaje de daño aumentó diariamente.

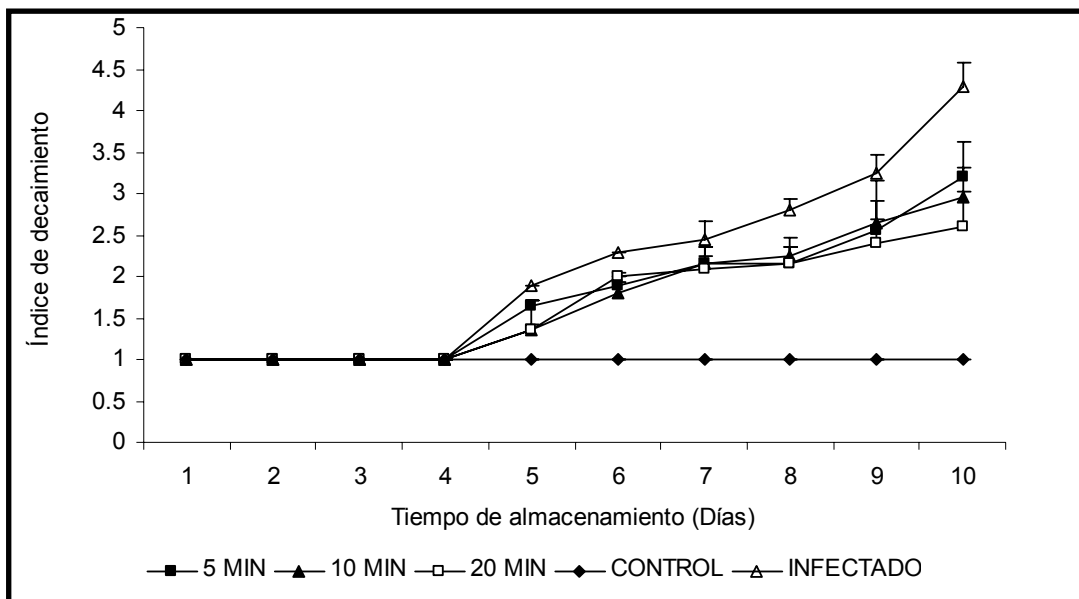


Figura 67. Índice de decaimiento del mango 'Ataulfo'. Los valores representan la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran + SD.



El décimo día se observó que los mangos tratados por 5 y 10 minutos presentaron un índice de decaimiento de 3.2 y 2.95 respectivamente, sin diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre estos tratamientos.

Los mangos tratados por 20 minutos presentaron un índice de decaimiento de 2.6, encontrando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a los otros tratamientos; en los frutos infectados sin tratamiento se encontró que el daño llegó hasta 4.3, encontrándose diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a los mangos tratados.

Esta evaluación permitió determinar que los tratamientos por radiación UV-C disminuyeron los síntomas de daño causados por la infección del *C. gloeosporioides*. El tratamiento por 20 minutos permitió controlar mejor la antracnosis reduciendo en un 48.8 % los síntomas de daño al compararlos con los frutos infectados sin tratamiento. En papaya (Acosta y Nieto, 2002), mango 'Manila' (Ramírez, 2003) y 'Keitt' se encontró que los tratamientos térmicos reducen la incidencia y severidad de la antracnosis. En aguacate, la exposición a una concentración de 30% de CO₂ por 24 h incrementó el nivel de un dieno antifúngico y retrasó el desarrollo de *C. gloeosporioides* (Ardi *et al.*, 1998). González-Aguilar *et al.* (2001), en mangos 'Tommy Atkis' encontraron que el tratamiento por UV-C reduce el decaimiento de los frutos, ya que los síntomas de decaimiento fueron más severos en los frutos no tratados que en los irradiados por 10 y 20 minutos, concluyendo que estos tratamientos suprimen el decaimiento causado por crecimiento microbiano en mangos; de igual forma en toronja se encontró una reducción en el decaimiento sin causar daño a dosis de 0.5 kJ / m² (D'hallewin *et al.*, 2000). Erkan *et al.* (2001) En calabaza zucchini mínimamente procesada, encontraron que el tratamiento por UV-C redujo el decaimiento. También se ha reportado la efectividad de este tratamiento en la reducción de decaimiento en tangerinas infectadas naturalmente (Stevens *et al.*, 1996).

En trabajos de Jacobi *et al.*, (1995) se encontraron que los tratamientos con agua caliente a 46°C por 30 minutos en mangos 'Kensington' reducen la incidencia de dos principales enfermedades como la antracnosis (*C. gloeosporioides*) y la pudrición del pedúnculo (*D. dominicana* y *L. theobromae*). Cools e Ishii (2002), encontraron que aplicar pretratamiento con acibenzolar-S-metil (ASM) en plantas de pepino induce una rápida resistencia sistémica adquirida (SAR) contra *Colletotrichum orbiculare*, demostrando un control efectivo del desarrollo de la enfermedad en plantas inoculadas con el hongo.



En la figura 68 se muestran las imágenes de los mangos utilizados para la evaluación del índice de decaimiento.

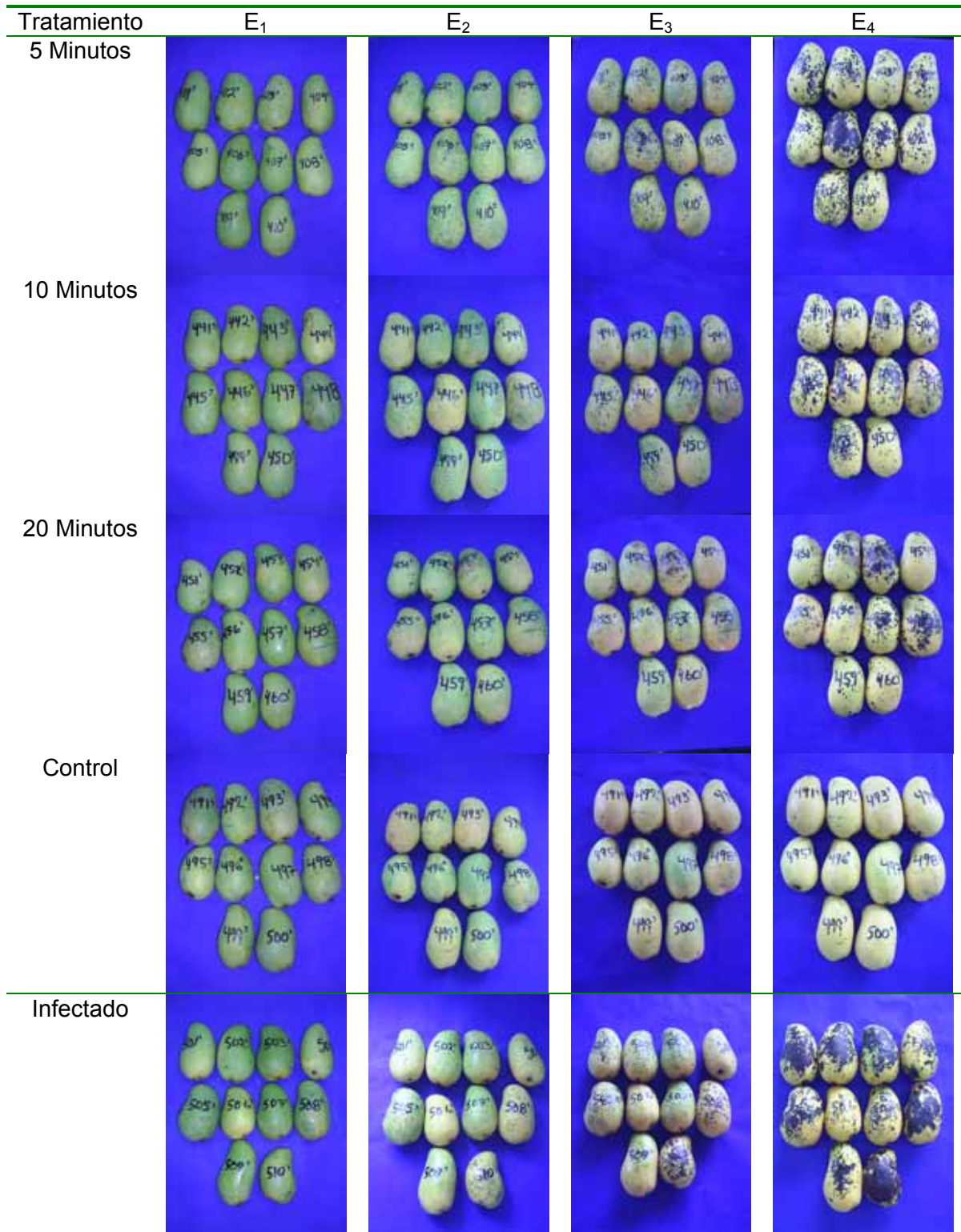


Figura 68. Mangos irradiados por UV-C en diferentes condiciones de tratamiento a lo largo de la maduración. E1: preclimaterio, E2: inicio del climaterio; E3: máximo climaterio, E4: postclimaterio.



Mohammed y Brecht (2002) al evaluar la reducción de daños por frío en mangos 'Tommy Atkins' con diferente etapa de maduración observaron que los mangos verdes y ligeramente maduros no presentaron un decaimiento aparente en comparación con los mangos muy maduros. En la mayoría de los casos en los que se presentó decaimiento se observaron múltiples infecciones en la misma lesión, siendo el hongo *Colletotrichum gloesporioides* y la *Erwinia* los principales patógenos. En mangos 'Irwin' y 'Tommy Atkins', se aplicaron tratamientos en agua caliente con fungicidas, encontrando un nivel de daño menor al 2% en todos los lotes, lo cual se explica debido a los bajos niveles de HR durante el desarrollo del fruto (Mena *et al.*, 2001).

5.12 Efecto en el contenido de fenoles en mango 'Ataulfo'.

Los compuestos fenólicos disminuyen con el grado de madurez en las frutas, pero aumentan como respuesta al estrés producido por magulladuras y por infecciones fúngicas. La importancia y la magnitud de estas variaciones dependen mucho del producto vegetal y de las condiciones de almacenamiento (Fennema, 2000).

La Fenilalanina amonio liasa (PAL, EC 4.3.1.5) es la primera enzima comprometida en la ruta fenólica primaria, y su actividad controla la velocidad de la ruta fenólica hasta el final (Saltveit, 2001). En la figura 69 se muestran los cambios en el contenido de fenoles en las pieles de los frutos.

Los mangos control presentaron en el preclimaterio (E_1), un contenido de fenoles de 113 mg / g de peso fresco y presentaron una ligera disminución para el postclimaterio (E_4) hasta 111 mg / g de peso fresco.

En los frutos tratados por 5 minutos el contenido de fenoles inició en 106 mg / g de peso fresco en el preclimaterio (E_1) y para la etapa postclimaterica (E_4) descendió hasta 86 mg / g de peso fresco. En los mangos irradiados por 10 minutos se encontró que en el preclimaterio (E_1) el contenido de fenoles fue de 138 mg / g de peso fresco, y para el postclimaterio (E_4) el contenido de fenoles disminuyó hasta 59 mg / g de peso fresco. En los frutos tratados por 20 minutos, se encontró que en el preclimaterio (E_1) el contenido de fenoles fue de 113 mg / g de peso fresco y para el postclimaterio (E_4) disminuyó hasta 110 mg / g de peso fresco.

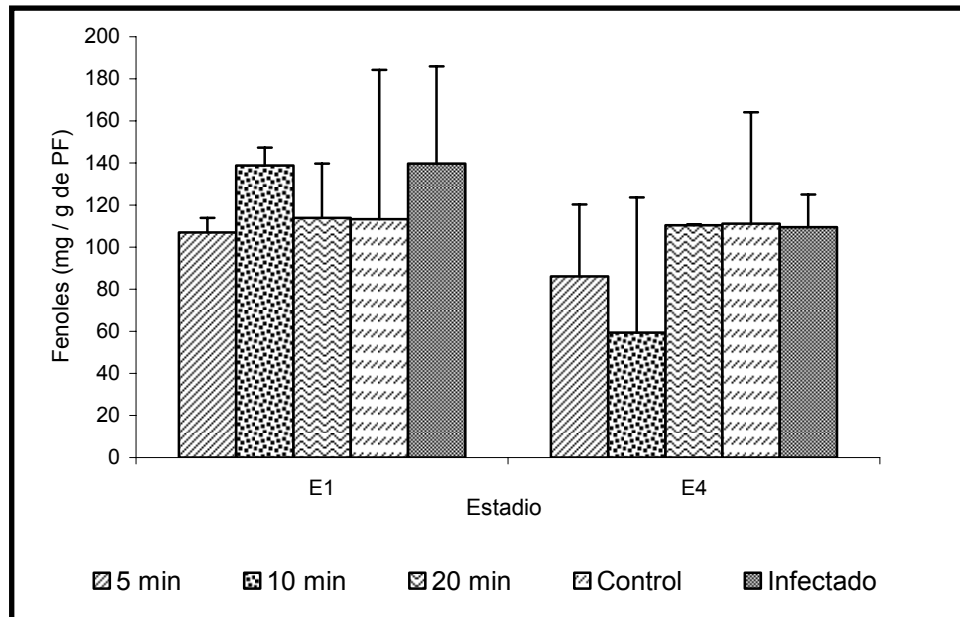


Figura 69. Efecto de la infección en el contenido de fenoles en piel del mango 'Ataulfo'. Los valores representan la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran + SD.

Los frutos infectados sin tratamiento, presentaron en el preclimaterio (E₁) un alto contenido de fenoles con valor de 139 mg / g de peso fresco, que disminuyeron conforme avanzó la maduración del fruto, siendo para el postclimaterio (E₄) de 109 mg / g de peso fresco. Con respecto al análisis estadístico, se encontró que no se presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en el contenido de fenoles entre los diferentes tratamientos.

En la figura 69 se observa que para el final el contenido de fenoles fue más bajo con una reducción del 19, 57, 3, 2 y 21 % para los tratamientos por 5, 10 y 20 minutos, control e infectado, respectivamente. Si se compara con el comportamiento encontrado en los mangos irradiados sin infección, se observó que en este caso se presentó una reducción en el contenido de fenoles para el final de la maduración, un efecto contrario a los experimentos anteriores. Esto puede ser resultado de la respuesta del fruto al ataque del hongo inoculado. Pero en frutos de aguacate se realizó la caracterización anatómica del daño producido por antracnosis y se observaron depósitos de fenoles en las células dañadas, las manchas oscuras en el fruto se deben a la oxidación de polifenoles depositados en las paredes celulares de las células muertas y espacios intercelulares (Zamora *et al.*, 2001), algo similar podría ocurrir en el mango. Los fenoles pueden contribuir a mantener latente la infección, hasta que al producirse daño en los tejidos se ponen en contacto la enzima y el sustrato, dando como resultado el obscurecimiento característico de las lesiones por antracnosis.



En un estudio realizado por Ceciliano y Vinicio, (1996) se encontró que la concentración de fenoles totales presentes en la cáscara disminuye conforme avanza la maduración del fruto en variedades 'Irwin' y 'Tommy Atkins', esto indica que los fenoles podrían estar involucrados en la latencia de las infecciones por *C. gloeosporioides* en mango.

En la figura 70 se observaron los cambios en el contenido de fenoles en la pulpa de los mangos a lo largo de la maduración. En el preclimaterio (E_1) los frutos irradiados por 5, 10 y 20 minutos presentaron un contenido de 1.9, 2.4 y 1.7 mg / g de peso fresco, respectivamente y presentaron un descenso para el postclimaterio (E_4) hasta 1.42, 1.7 y 1.45 mg / g de peso fresco. Para los frutos control e infectado sin tratamiento se encontró que en el preclimaterio (E_1) presentaron un contenido de fenoles de 1.4 y 1.3 mg / g de peso fresco respectivamente, para el postclimaterio (E_4) disminuyó hasta 1.2 y 1.0 mg / g de peso fresco, respectivamente.

En estos resultados se encontró que los controles e infectados sin tratamiento presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el preclimaterio (E_1), con respecto a los frutos irradiados teniendo un contenido de fenoles menor que estos últimos. En el postclimaterio (E_4), no existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los diferentes lotes.

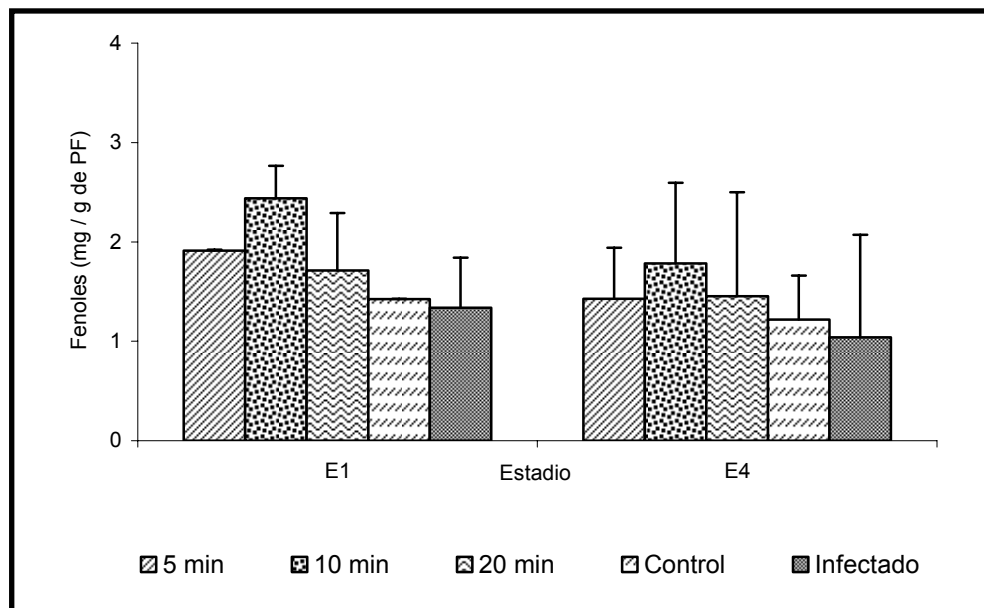


Figura 70. Efecto de la infección en el contenido de fenoles en pulpa del mango 'Ataulfo'. Los valores representan la media de tres repeticiones. Las barras verticales muestran + SD.

Al comparar el contenido de fenoles inicial y final, se encontró que en todos los lotes existe una disminución de un 27, 30 y 18 % para los mangos tratados por 5, 10 y 20 minutos; de 15 % para el control y 24 % para el infectado. Los cambios en el contenido de fenoles son congruentes con la maduración del fruto, pero no existe un efecto de la radiación debido a



que esta no incide de manera directa sobre la pulpa; además no se apreció efecto de la infección porque la enfermedad no afectó de manera importante la pulpa del fruto.

5.13 Correlación entre el índice de decaimiento y contenido de fenoles.

Al aplicar una regresión lineal entre los valores del índice de decaimiento provocado por el avance de la infección y el contenido de fenoles en las pieles del mango 'Ataulfo'. Se encontró que en el grupo control los cambios en el contenido de fenoles no pueden relacionarse con el índice de daños debido a que en estos no se presentan.

Para los mangos sometidos a tratamiento por irradiación se encontró que en los tratamientos por 5 y 20 minutos las correlaciones fueron muy bajas $R = -0.3492$ y $R = -0.0736$, por lo cual no existe una relación entre las variables involucradas. Pero en el caso del tratamiento por 10 minutos se encontró una correlación de $R = -0.9947$ que muestra una relación inversamente proporcional entre el IDC y el contenido de fenoles, es decir que conforme avanzó el grado de infección en los frutos el contenido de fenoles descendió, esto puede deberse a que los fenoles estén siendo utilizados por el fruto para intentar controlar la infección.

Esto es lógico si observamos los valores del contenido de fenoles en los frutos tratados por 20 minutos, en este grupo de mangos el IDC al final de la maduración fue menor que en los otros y el contenido de fenoles fue mayor lo cual muestra que los fenoles están siendo utilizados para proteger al fruto del avance de la infección y en el tratamiento en el cual se encontraron en mayor cantidad se logró una reducción del índice de daño.

En un estudio realizado *in vitro*, por Ceciliano y Vinicio, (1996) se estableció que el ácido gálico inhibe el desarrollo de colonias de *C. gloeosporioides*, conforme aumenta la concentración del fenol., Por ello parece ser que no se encuentra de manera natural en la concentración necesaria para inhibir el avance de la enfermedad.

En los frutos infectados sin tratamiento, se encontró una correlación muy baja y se observó que el grado de avance de la infección fue mayor que en los frutos tratados, aunque no se apreció diferencia en el contenido de fenoles, se puede decir que los tratamientos propician que los frutos generen una respuesta al ataque del hongo. Debido a que se observó que en los frutos tratados el índice de decaimiento fue menor.

Esto puede deberse principalmente al efecto de la radiación sobre el hongo inoculado y tal vez de manera indirecta a la acción de los fenoles sobre el mismo. Debido a que el desarrollo de la enfermedad depende de varios procesos por separado como: la agresividad del patógeno y la capacidad de respuesta del hospedero (Gees y Holh, 1988), la velocidad de germinación del hongo no puede determinarse por una sola variable, las bases bioquímicas



de la resistencia dependen de varios mecanismos y ninguno por separado ha demostrado ser eficiente por si mismo (Jaramillo y Rojas, 1997).

Para el caso de las correlaciones en la pulpa, se observó que para los tratamientos por 5 y 20 minutos las correlaciones fueron de $R = -0.0694$ y $R = -0.0307$, respectivamente lo cual demuestra que no existe relación entre el contenido de fenoles y el índice de decaimiento en estos tratamientos. En el tratamiento por 10 minutos se encontró una correlación de $R = -0.9947$ demostrando que para este tratamiento las variables guardan una relación inversamente proporcional, es decir que el contenido de fenoles disminuyó conforme avanzó el grado de infección en el fruto. En los mangos infectados sin tratamiento la correlación fue de $R = -0.5583$ o sea no existe relación pero al observar los valores nos damos cuenta que el contenido de fenoles en este lote fue menor y el IDC fue mayor que para todos los demás frutos.

Para los mangos control no existe correlación ninguna debido a que no existe infección en ellos y por lo tanto los cambios en el contenido de fenoles se deben al metabolismo propio del fruto y no fueron una respuesta a ningún factor externo. En este caso es importante hacer notar que para la última etapa de madurez de los mangos la infección llegó hasta la pulpa del fruto, aunque la evaluación siempre se realizó en la piel de los mismos y no se debe olvidar que este tipo de radiación no tiene capacidad para penetrar la piel.



6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye lo siguiente.

- ✓ Las mejores condiciones para los tratamientos por irradiación UV-C en mango 'Ataulfo' fueron 5, 10 y 20 minutos, ya que a partir de los 25 y hasta los 60 minutos se provocaron quemaduras en la superficie del fruto.
- ✓ Las condiciones de los tratamientos por irradiaciones UV-C no afectaron significativamente los parámetros de calidad (pH, acidez, sólidos solubles, firmeza, pérdida de peso y color) en el mango, excepto en el tono debido a ligeras quemaduras en la superficie del fruto.
- ✓ Las condiciones de los tratamientos por irradiaciones UV-C provocaron en los frutos una tasa respiratoria más elevada, sin embargo no se afectó su proceso de maduración ni el periodo de vida útil del fruto.
- ✓ En relación al control de antracnosis, se observó que las radiaciones UV-C fueron efectivas para reducir la incidencia de la enfermedad, al disminuir los daños ocasionados por el hongo. Aunque los diferentes periodos de radiación disminuyeron la incidencia de la enfermedad, el tratamiento más efectivo fue el de 20 minutos de radiación porque se logró un mayor control de los síntomas de la enfermedad.
- ✓ Se encontró que existe una relación inversa entre el índice de decaimiento y el contenido de fenoles en el mango 'Ataulfo' la cual fue más evidente en el tratamiento por 10 minutos en donde se observó que conforme avanzó la infección por antracnosis el contenido de fenoles descendió. A pesar de que estos tratamientos provocaron una disminución de los síntomas de antracnosis su efecto fue principalmente a la acción de la radiación UV-C sobre el hongo y de manera indirecta a la acción de los fenoles sobre el mismo.



- ✓ Es importante recordar que para desarrollar con éxito un tratamiento poscosecha, además de lograr el control de enfermedades o daños fisiológicos, mantengamos la calidad del fruto. Por lo cual al no haber efecto en los parámetros de calidad, se establece que la radiación UV-C ayuda a controlar la antracnosis sin afectar la calidad del mango 'Ataulfo'.



7. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados de la presente investigación y para continuar con el estudio se recomienda lo siguiente:

- ✓ Estudiar los efectos de los tratamientos por irradiación UV-C en otras variedades de mango que se producen en México y son susceptibles al desarrollo de antracnosis como: “Criollo”, “Haden”, “Keitt”, “Kent”, “Manila” y “Tommy Atkins”; para encontrar alternativas a los tratamientos poscosecha tradicionales.
- ✓ Evaluar el efecto de los tratamientos por irradiaciones UV-C combinada con otros tratamientos poscosecha para establecer tratamientos mas efectivos para el control de enfermedades.
- ✓ Determinar la dosis de radiación que reciben los frutos al ser tratados utilizando dosímetros para establecer posibles relaciones entre la dosis de radiación y los efectos en diferentes variables de estudio.
- ✓ Estudiar el efecto de la radiación UV-C en la enzima Fenilalanina Amonio Liasa (PAL, EC 4.3.1.5) que es importante en la síntesis de fenoles para establecer mejor los mecanismos de respuesta del fruto al ataque del hongo.
- ✓ Evaluar el índice de decaimiento del fruto con técnicas digitales que nos permitan obtener resultados más objetivos del avance de la enfermedad.
- ✓ Estudiar el efecto de radiaciones gamma (γ) en enfermedades poscosecha y desordenes fisiológicos en vista de su mayor poder de penetración que puede incluso ser adecuada para el control de plagas cuarentenarias.
- ✓ Establecer un protocolo para la aplicación de estos tratamientos en las empacadoras sobre todo para frutos de exportación evitando así perdidas poscosecha.
- ✓ Estudiar la aparición de los síntomas de antracnosis en mango Ataulfo de manera mas detallada con el objeto de caracterizar anatómicamente el daño interno propiciado por la enfermedad lo cual permitiría entender mejor que pasa con los fenoles y algunas enzimas durante el desarrollo de la enfermedad.



- ✓ Establecer una estrategia para la aplicación de buenas prácticas agrícolas (BPA) en huertos de producción de mango para evitar la propagación de la enfermedad.
- ✓ Determinar el efecto de microorganismos antagonistas al *C. gloeosporioides* para la utilización de control biológico en tratamientos pre y poscosecha.

8. REFERENCIAS

- ⊙ Acosta, R. M. y Nieto, A. D. (2002) *Efecto del tratamiento hidrotérmico en el control del Colletotrichum gloeosporioides y calidad de frutos de papaya cv. 'Maradol'*. Libro de memorias del XXIX Congreso Internacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, A. C., Monterrey, México. pp. F54.
- ⊙ Agrios, N.G. (1995). *Fitopatología*. Editorial Noriega, 2ª edición, pp 283-405.
- ⊙ Agrobiológica. (2007). Antracnosis del mango. En: *Producción y comercialización de productos orgánicos*. Disponible en: www.agrobiologica.com/templatez/noticia.htm
- ⊙ Aguirre, M.C. y Fernández, V.B. (1999). *El cultivo del mango*. Disponible en: www.infofrut.com.ar/temas%20y%20nota%20tecnicas-36.htm
- ⊙ Allende, A. y Artes, F. (2003) UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'Lollo Rosso' lettuce. *Food Research Internacional*. 36 (7): 739-746.
- ⊙ Allende-Molar, R; Garcia, R.S. y Carillo, A. (2002). *Enfermedades Poscosecha en Mangos Cultivados en Sinaloa*. Boletín del CIAD, Mayo-Junio. Departamento de Protección y Nutrición Vegetal, CIAD-Unidad Culiacán. Disponible en: www.ciad.mx/boletin/mayjun02/mangos.pdf
- ⊙ Amin, H. D. (1967) *Development of white corky tissue in a mango fruit (Mangifera indica)*. Navsari Agricultural Collage Magazine, 5: 14 – 17.
- ⊙ A.O.A.C., Association of the official Analytical Chemistry. (1994). *Official Methods of analysis*. 14th USA. Edition, pp 234-247.
- ⊙ Ardi, R.; Kobilier, I.; Jacoby, B.; Keen, N. T.; y Prusky, D. (1998) Involvement of epicatechin biosynthesis in the activation of the mechanism of resistance of avocado fruits to *Colletotrichum gloeosporioides*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 53: 269 – 285.
- ⊙ Arévalo-Galarza, L.; Saucedo-Veloz, C.; Bustos-Ramírez, E.; González-Hernández, H. (2002) Maduración de frutos de aguacate "Hass" tratados con radiación gama. *Agruciencia*, 38 (8): 867 -873.
- ⊙ Artés, F. (1995). Innovaciones en los tratamientos físicos para preservar la calidad de los productos hortofrutícolas en la postrecolección. I. Pretratamientos térmicos. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 35 (1): 139-149.



- ⊙ Astiarán, A. I. y Martínez, H. J. A. (2000). Frutas y frutos secos en: *Alimentos, Composición y Propiedades*, Mc Graw-Hill, 2ª edición, España, pp 191-211.
- ⊙ Bally, I. S. E. (1999) Changes in the cuticular surface during the development of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Kensington Pride, *Scientia Horticulturae*, **79**: 13 – 22.
- ⊙ Bandyopadhyay, C. y Gholap, A. S. (1973a) Changes in fatty acids in ripening mango pulp (variety Alphonso). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **21**: 496 – 497.
- ⊙ Bandyopadhyay, C. y Gholap, A. S. (1973b) Relationship of aroma and flavour characters of mango (*Mangifera indica* L.) to fatty acid composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **24**: 1497 – 1503.
- ⊙ Barret, M.D.; Somgyi, L.; Ramaswamy, H. (2005a). Classification composition of fruits, and postharvest maintenance of quality. En: *Processing Fruits, Science and Technology*. Segunda edición. CRC Press. United States. Chapter 1, pp 3-22.
- ⊙ Barret, M.D.; Somgyi, L.; Ramaswamy, H. (2005b). Ionizing Radiation processing of fruits and fruits products. En: *Processing Fruits, Science and Technology*. Segunda edición. CRC Press. United States. Chapter 11, pp 221-259.
- ⊙ Becerra, L. E. (1995) Enfermedades del cultivo del mango. En: *La producción del mango en México*. Mata, B. I. y Mosqueda, R. V. (Eds) Noriega Editores, Méx., 159 p.
- ⊙ Binyamini, N. y Schiffmann-Nadel M. (1972) Latent infection in avocado fruit due to *Colletotrichum gloeosporioides*. *Phytopathology*, **62**: 592 – 594.
- ⊙ Boothroyd, C.W. y Roberts, D.A. y (1978). *Fundamentos de patología vegetal*. Ed. Acribia, Zaragoza, España, pp. 15 – 38.
- ⊙ Breitfellner, F.; Solar, S. y Sontag, G. (2002) Efecto of γ -irradiation on phenolic acids in strawberries. *Journal of Food Science*, **67**(2): 517-521.
- ⊙ Brock, T. D. y Madigan, M. T. (1988) *Biology of microorganisms*, 5th edition, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, pp. 344-348.
- ⊙ Burg, S. P. y Burg, E. A. (1962) Role of ethylene in fruit ripening. *Plant Physiology*, **37**, 179-189.



- ⊙ Bustos, R. E. y Rocabado, Q. F. (1991) Aplicación de la irradiación de alimentos. En: *Irradiación de Alimentos*. Organización Panamericana de la Salud. México, D. F. pp. 50-57.
- ⊙ Calderón, C. L. (2001) *Efectos de las radiaciones ionizantes y no ionizantes sobre el organismo humano*. Disponible en: www.svmi.org.ve/eventos/jornada-oct2001/MED-D.htm
- ⊙ Campos, A. J. (1987). Viruela o clavo del aguacatero *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. En: *Memoria Primer Curso Fitosanitario y de Nutrición en Aguacate*. Uruapan, Mich., México. pp 141 – 148.
- ⊙ Cano, O. D. (2006) *Alfa, beta, gamma. Ciencia y tecnología nuclear*. Disponible en: www.weblogs.madrimasd.org/images/weblogs_madrimasd
- ⊙ Carrillo, F. A. (2003) *Desarrollo de procesos para la producción de agentes de control biológico de plagas y enfermedades: Control de antracnosis ocasionada por el hongo (Colletotrichum gloeosporioides Penz.)* Disponible en: www.ciad.edu.mx/salima/display1
- ⊙ Carrillo, F. A. (2004) *Desarrollo de formulaciones prototipo a base de microorganismos antagonistas de Colletotrichum gloeosporioides y su evaluación para el control de antracnosis en mango*. Disponible en: www.ciad.edu.mx
- ⊙ Cavalcanti, C. H. T. S. (2005) *Seca da Mangueira*. Ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimiento. Disponible en: www.agencia.cnptia.embrapa.br
- ⊙ Ceciliano, R. y Vinicio, S. M. (1996) *Avances en la determinación de fenoles en mango (Mangifera indica) y su efecto de estos en la latencia de la antracnosis (C. gloeosporioides)*. X Congreso Nacional Agronómico, Costa Rica.
- ⊙ CEDAF, Centro para el desarrollo agropecuario y forestal. (2008). *¡Mejores mangos más beneficios!* Disponible en: www.cedaf.org.do/eventos/moscafruta.htm
- ⊙ Chaplin, G. R. (1989) Advances in post-harvest physiology of mango. *Acta Horticulturae*, **231**: 639 – 696.
- ⊙ CSIRO, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (2004) *CSIRO Entomology*. Disponible en: www.ento.csiro.au/aicn/name-s/b-472.htm



- ⊙ Cook, A. A. (1975). *Disease of tropical and subtropical fruits and nuts*, 1st. Edición. New York Hafner Press. pp. 231.
- ⊙ Cools, H. J. y Ishii, H. (2002) Pre-treatment of cucumber plants with acibenzolar-S-methyl sistemically primes a phenylalanine ammonia lyase gene (PAL1) for enhanced expression upon attack with a patogenic fungus. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, **61**: 273-280.
- ⊙ CCI, Corporación Colombia Internacional (2005). *Origen y Botánica del mango*. Disponible en: www.cci.org.co/informacion/mango/mangoorigen.htm
- ⊙ Couey, M. H. (1986) Chilling Injury in crops of tropical and subtropical origin. *Hort Science*, **17**: 162 – 165.
- ⊙ Crane, J. H. y Campbell, C.W. (1995); *El mango en Florida*; University of Florida, IFAS Extensión. Disponible en: http://miamidade.ifas.ufl.edu/pdfs/tropical_fruit/EL%20MANGO
- ⊙ Crisosto, C. H., Seguel, X. y Michailidas, T. (1998) Comparing pulsed ultraviolet light and postharvest fungicide for peach fruit decay control. *Acta Horticulture*, **465**: 471-477.
- ⊙ Crookes, P. R. y Grierson D. (1983) Ultraestructure of tomato fruit ripening and the role of polygalacturonase isoenzymes in cell wall degradation. *Plant Physiology*, **117**: 337 – 343.
- ⊙ Cruz, C. y Pérez, C. (1998) *Evaluación del efecto conservador y antimicótico de la película de quitosán en la vida útil del mango (Mangifera indica L), variedad 'Haden'*. Tesis de Licenciatura, FES – Cuautitlan. UNAM.
- ⊙ Cua, A. U. y Lizada, M. C. C. (1990) Ethylene production in the "Carabao" mango (*Mangifera indica* L.) fruit during maturation and ripening. *Acta Horticulturae*, **269**: 169 – 179.
- ⊙ D'hallewin, G.; Schirra, M.; Pala, M.; y Shimshon, B. Y. (2000) Ultraviolet C irradiation at 0.5kJ x m⁻² reduces decay without causing damage or affecting postharvest quality of star ruby grapefruit (*C. Paradisi Macf.*) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**: 4571-4575.
- ⊙ DMC, Dirección Meteorológica de Chile. (2006) Radiación Ultravioleta en: *Radiación Solar*. Disponible en: www.meteochile.cl/radiacion_info.html



- ⊙ Doreyappa-Gowda, I.N. y Huddar, A.G. (2001). Studies on ripening changes in mango (*Mangifera indica* L.) fruits. *Journal of Foods Science and Technology*, **38**: 135-137.
- ⊙ Dorestes, S. E. (1980). Información sobre el eriofido del mango (*Eriophyes mangiferae* SAYED), en Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, **13**: 91-100.
- ⊙ Elizondo, P. A. (2003) *Mango*, Boletín Informativo No 1, Costa Rica, Disponible en: <http://mercanet.cnp.go.cr>
- ⊙ EMEX. (2005). *Empacadoras de mango de exportación*. Disponible en: www.mangoemex.com/EMEX.html
- ⊙ Erkan, M., Wang, S.Y. y Krizek, D.T. (2001). UV-C irradiation reduces microbial populations and deterioration in Cucurbita pepo fruit tissue. *Environmental and Experimental Botany*, **45**: 1-9.
- ⊙ Esguerra, E. B. y Lizada, M. C. C. (1990) The postharvest behaviour and quality of 'Carabao' mangoes subjected to vapor heat treatment. *ASEAN Food Journal*, **5**: 6-11.
- ⊙ Espinosa, G. C.; y Hernández, V. M. (2006). *Aplicación de tratamientos térmicos por vapor caliente en el control de antracnosis y en los síntomas de daños por frío en mangos variedad 'Keitt'*. Tesis de Licenciatura, FES – Cuautitlán. UNAM.
- ⊙ Fachmann, W.; Kraut, H.; Souci, S. W. (2000). Exotic Fruits, Mango. En: *Food Composition And Nutrition Tables*. CRC Press. Germany; pp 986,987.
- ⊙ Fairchild Tropical Botanic Garden. (2005). *International Mango Festival*. Disponible en: www.ftg.org/horticulture/mangofest
- ⊙ FAO, Food and agricultural organization. (2006). *Base de datos de producción mundial y comercio internacional de mango*. Disponible en: www.fao.org/faostat
- ⊙ FAO, Food and agricultural organization. (2007). *Information Network on Postharvest Operations*. Disponible en: www.fao.org/inpho/content/compend/img/ch20/ph02651.jpg
- ⊙ Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos*. Segunda edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1258 p.
- ⊙ Figueroa, V.P.; González, R.D.; Palmeros M.G. (2002) *El mango en México y el Mundo*. Consejo Nacional de Productores de mango A.C. Disponible en : <http://conpromango.com.mx/primer.html>



- ⊙ Fitzell, R. D. y C. M. Peak. (1984). The epidemiology of anthracnose disease of mango: inoculum sources, spore production and dispersal. *Ann. Appl. Biol.*, **104**: 53-59.
- ⊙ Galán-Sauco, V. (1990). Mango en: *Los Frutales Tropicales en los Subtrópicos*, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, pp. 59-93.
- ⊙ Galán-Sauco, V. (1999). *El Cultivo del Mango*, Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona, España, pp. 298.
- ⊙ Gees, R. y Holh, H. R. (1988) Cytological comparison of specific (Ra) and general resistance to late blight in potato leaf tissue. *Phytopatology*, **78**: 3530-357.
- ⊙ Gómez-Lim, M.A. (2000). Postharvest Physiology. En: Litz, R.E. (ed.). *The Mango Botany, Production and Uses*. CAB International, USA, pp. 587.
- ⊙ González-Aguilar G. A.; Tiznado-Hernández M.E.; Zavaleta – Gatica R. y Martínez – Téllez M. A. (2004a) Methyl jasmonate treatments reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **313**: 694 – 701.
- ⊙ González-Aguilar, G. A., Wang C.Y. y Buta G.J., (2004b). UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **84**: 1-8
- ⊙ González – Aguilar G. A.; Wang C. Y.; Buta J. G. y Krizek D. T. (2001) Use of UV – C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe “Tommy Atkins” mangoes. *International Journal of Food Science and Technology*, **36**: 761 – 773.
- ⊙ González, O. M. J. (2007) *Las radiaciones ionizantes*. Comités Paritarios de Chile. Disponible en: www.paritarios.cl/especial/radiaciones_ionizantes.htm
- ⊙ Gorinstein, S.; Zemser, M.; Haruenkit, R.; Chuthakorn, R.; Grauer, F.; Martin-Belloso, O. y Trakhtenberg, S. (1999) Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropicals fruits and persimmon. *Journal of Nutritional Biochemistry*, **10**: 367-371.
- ⊙ GreenFacts (2006). *Radiación ultravioleta*. Disponible en: www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs/radiacion-ultravioleta.htm
- ⊙ Hamid, L., Lieng- Hong, C., Zainon M. A. (2004) A comparative study on wall degrading enzymes, pectin modifications and softening during ripening of selected tropical fruits. *Plant Science*, **167**: 317 – 327.



- ⊙ Herrera, T. y Ulloa, M. (1998) Hongos patógenos de plantas. En: *El reino de los hongos, micología básica y aplicada*. 2ª ed. Fondo de Cultura Económica, México. 552 p.
- ⊙ Hillston (2006). *Delta magnetic water conditioner*. Disponible en: www.deltawater.com.au
- ⊙ Hobson, G.E. (1993). Maduración del fruto. En: *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Azcon-Bieto (ed.), J. Interamericana Mcgrawhill. España, pp. 463-478.
- ⊙ Howard, F. W. (2002) *Fumagina sobre hojas de mango*. University of Florida. Disponible en : www.creatures.ifas.ufl.edu/orn/scales/lobate_sp04.htm
- ⊙ Ikisan Limited. (2000) Mango pest management. En: *Crop Information*. Disponible en: www.ikisan.com/links/ap_mangopest%20Managenent.shtml
- ⊙ INFOAGRO. (2006). El cultivo del Mango. En: *Las frutas tropicales*. Disponible en: www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/mango.htm
- ⊙ Infojardin. (2004). *Plagas de los írutales*. Disponible en: <http://epsh/unizar.es/~barriuso/Ent...20FRUTALES.pdf>
- ⊙ ICMSF, International Commission of Microbiological Specifications of Foods, (1980) *Microbial ecology of Foods, Vol. 1. Factors affecting life and dead of microorganisms*, Academic Press Inc., New York. 332 p.
- ⊙ INM, Instituto Nacional de Meteorología, (2006). *Radiación solar España*. Disponible en <http://www.inm.es/uvi/centro2.htm>
- ⊙ Jacobi, K. K.; MacRae, E. A. y Hetherington, S. E. (2001) Postharvest heat disinfestation treatments of mango fruit. *Scientia Horticulturae*, **89**: 171-193.
- ⊙ Jacobi, K.K; Wong, L.S. y Giles, J.E. (1995). Effect of fruit maturity on quality and physiology of high-humidity hot air-treated 'Kensington' mango (*Mangifera indica* Linn.). *Postharvest Biology and Technology*, **5**: 149-159.
- ⊙ Jaramillo, V. S. y Rojas A. D. (1997) *Aspectos bioquímicos de la resistencia de la papa (Solanum tuberosum) al ataque del hongo Phytophthora infestans*. Centro Internacional de la Papa. Congreso Anual.
- ⊙ Jerónimo, E.; Kanesino, M.; Paro, R. y Tostes, P. (1996) *Efeito de temperatura de armazenamento e de embalagen na conservacao pos-colheita de frutos de manga (Manguifera indica L.)*. Sociedad Interamericana para Horticultura Tropical. 42 reunión anual. Brasil.



- ⊙ Juárez, C. H. (2006) *Caracterización fisiológica y mejoramiento de la calidad de la guayaba durante su vida en postcosecha*. Tesis de Licenciatura, FES – Cuautitlán, UNAM.
- ⊙ Juniper, B. E.; Cox, G. E. (1973) The anatomy of the leaf surface: the first line of defense. *Pest. Sci*, **4**: 543 – 561.
- ⊙ Kader, A. A. (1986a) Potencial application of ionizing radiation in postharvest of fresh fruits and vegetables. *Food Technology*, **40** (6): 117 – 121.
- ⊙ Kader, A. A. (1986b) Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*, **40** (99): 100-104.
- ⊙ Kader, A. A. (2002) *Mango: Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha*. Department of Pomology, University of California, Davis. Disponible en: www.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit
- ⊙ Kader, A. A. (2007) *Physiological, Physical, and Pathological Disorders*. En: *Mango Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha*. Department of Pomology, University of California, Davis. Disponible en: www.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/mango_graphics.shtml
- ⊙ Katrodia, J. S. (1989) Spongy tissue in mango: causes and control measures. *Acta Horticulturae*, **231**: 814 – 826.
- ⊙ Kerbel, E. L.; Mitchel, F. G. y Mayer, G. (1987) Effect of postharvest heat treatment for insect control on the quality and market life of avocados. *Hort Science*, **22**: 92-94.
- ⊙ Klein, J.D. y Lurie, S. (1990). Prestorage heat treatment as a means of improving poststorage quality of apples. *Scientia Horticulturae*, **115**: 265-269.
- ⊙ Kudachikar, V.B; Kulkarni, S.G; Aradhya, S.M; Aravinda-Prasad, B. y Ramana, K.V.R. (2003). Physico-chemical changes in mango (*Mangifera indica* L.) varieties 'Alphonso' and 'Raspuri' during fruit development and maturation. *Journal of the Food Science and Technology*, **40**: 285-289.
- ⊙ Lacroix, M.; Bernard, L.; Jobin, M.; Milot, S. y Gagnon, M. (1990) Effect of irradiation on the biochemical and organoleptic changes during the ripening of papaya and mango fruits. *International Journal of Radiation, Applications and Instrumentation, Part C. Radiation Physics and Chemistry*, **35** (1-3): 296-300.
- ⊙ Lacroix, O. B. (2000) Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products a review. *Food Research International*, **33**: 719 – 724.



- ⊙ Lad, B. L., Gunjate, R. J. y Salvi, M. J. (1985) Effect of postharvest ethephon dipping of fruits on occurrence of spongy tissue disorder in Alphonso mango. *Indian Journal of Plant Physiology*, **28**: 85 – 87.
- ⊙ Lagunas, S. M. C. (1995) Radiation processing of foods: an overview of scientific principles and current status. *Journal of Food Protection*, **58**(2): 186 – 192.
- ⊙ Lakshminarayana, S. (1980). Mango. En: Nagy, S.; Shaw, P.E., (eds.) *Tropical and Subtropical Fruits*. AVI Publishing Co., Westport, Connecticut, pp. 187-257.
- ⊙ Leonel, S.; Simoes, G. R. (2006) *Problemas de Improductividade em mangueiras—florecimento, bianualidade e alternancia de producao*. Disponible en: www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp
- ⊙ Lizada, C. (1993). Mango. En: Seymour, J. G. (ed.) *Biochemistry of fruit ripening Chapman y May*. Londres, pp. 255-271.
- ⊙ London Fruit Inc (2000). *All About Mangos*. Disponible en: www.freshmangos.com/aboutmangoes/index.html
- ⊙ Lowry, O.H., Randall, R.J. y Rosebrough, N.J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, **193**: 265-275.
- ⊙ Lu, J. Y.; Stevens, C.; Yakabu, P.; Loretan, P. A.; Eakin, D. (1987) Gamma, electron beam and ultraviolet radiation on control of storage rots and quality of Walla Walla onions. *Journal of Food Processing Preserv.*, **12**, 53-62.
- ⊙ Lurie, S, y Klein, J. D. (1992) Ripening characteristics of tomatoes stored at 12 °C and 2 °C following a prestorage heat treatment. *Scientia Horticulturae* **51**: 55-64.
- ⊙ MacLeod, A.J; MacLeod, G. y Snyder, C.H. (1988). Volatile aroma constituents of mango (cv. Kensington). *Phytochemistry*, **27**: 2189-2193.
- ⊙ Macrae, (1993) *Enciclopedia of Food Science, Food technology and Nutrition*. Academic Press, Gran Bretaña, Volumen I, pp 289 – 295.
- ⊙ Maharaj R., J. Arul., P. Nadeau. (1999). Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Capello) by delaying senescence. *Postharv. Biol. Technol.*, **15**:13-23.
- ⊙ Manrique, K. K. (1999) *Nociones del manejo Postcosecha*, Centro Internacional de la Papa, Argentina, pp 1 – 9.
- ⊙ Manzano, J. E. y Cañizares, A. (2001). Efecto del tratamiento postcosecha sobre la calidad del mango criollo 'Hilacha'. II: Parámetros físicos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, **3** (2): 131-139.



- ⊙ Mattoo, A. K. y Modi, V. V. (1969a) Ethylene and ripening of mango. *Plant Physiology*, **44**: 308 – 331.
- ⊙ Mattoo, A. K. y Modi, V. V. (1969b) Biochemical aspects of ripening and chilling injury in mango fruit. En: *Proceedings of the International Conference on Tropical and Subtropical Fruit*. Tropical Products Institute, London, pp. 111-115.
- ⊙ McGuire, R.G. (1992). Reporting of objective color measurements, *HortScience*, **27**: 1254-1255.
- ⊙ McIntyre, A.; Wickam, L.; Wilson, L. y Malins, A. (1993) Hot water treatments for the postharvest control of fruit fly and anthracnose in the caribbean mango 'Julie'. *Acta Horticulturae*, **341**: 533-539.
- ⊙ Medlicott, P. A.; Reynolds, B. S. y Thompson, K. A. (1986) Effects of temperature on the ripening of mango fruit (*Mangifera indica* L. Var. Tommy Atkins) *Journal Science of Food and Agriculture*, **37**: 469-474.
- ⊙ Mena, N. G.; Nieto, A. D.; Noriega, C. D.; Téliz, O. D.; Mora, A. G.; Cárdenas, S. E. (2001) *Epidemiología y control de la antracnosis (C. gloesporioides Penz) en mango*. Disponible en: www.colpos.mx/ifi/entacar/avances/061.htm
- ⊙ Mendgen, K. y Hahn, M. (2002), Plant infection and the establishment of fungal biotrophy Review, *Trends in Plant Science*, **7**(8): 352-356.
- ⊙ Mercier, J. y Arul, J. (1993) Induction of systemic disease resistance in carrot roots by pre-inoculation with storage pathogens. *Can. Journal Plant Pathology*, **15**: 281-283.
- ⊙ Mercier, J. (1997). *Role of phytoalexins and other antimicrobial compounds from fruits and vegetables in postharvest disease resistance. Photochemistry of fruit and vegetables*. Thomas-B FA, RJ Robins (eds.). C.H.I.P.S. Neimer. pp. 221-241.
- ⊙ Miller, W. R.; McDonald, R. E.; y Sharp, J. L. (1991) Quality changes during storage and ripening of 'Tommy Atkins' mangoes treated with heated forced air. *HortScience*, **26**: 395-397.
- ⊙ Mitcham, E. J. y McDonald, R. E. (1993) Respiration rate, internal atmosphere, and ethanol and acetaldehyde accumulation in heat-treated mango fruit. *Postharvest Biology and Technology*, **3**: 77-86.
- ⊙ Mitra, S.K. y Baldwin, E.A. (1997). Mango. En: Mitra, S.K. (ed.) *Postharvest physiology and Storage of Tropical and Subtropical Fruits*. Cab Internacional. Inglaterra, pp. 85-120.



- ⊙ Mohammed, M. y Brecht, J.K. (2002). Reduction of chilling injury in 'Tommy Atkins' mangoes during ripening. *Scientia Horticulturae*, **95**: 297-308.
- ⊙ Morales, J. (2005) Enfermedades de los mangos En: *Cultivo de mangos*. Disponible en www.infojardin.com/htm
- ⊙ Morton, J. (1987). Mango *Mangifera indica* L. En: Morton, J., *Fruits of warm climates*. Miami FL. Disponible en: www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/mango_ars.html
- ⊙ Morton, S. (1997) *La irradiación de los alimentos*. Acribia, Zaragoza, España. 175 p.
- ⊙ Mukherjee, S. (2000). Mango botany and importance. En: *The mango botany, production and uses*. Litz, R. E. (ed.) CAB international. USA. pp 1-25.
- ⊙ Nyanjage, M.O; Wainwright, H. y Bishop, C.FH. (1998). The effects of Hot-Water treatments in combination with cooling and/or storage on the physiology and disease of mango fruits (*Mangifera indica* Linn.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, **73** (5): 589-597.
- ⊙ Olvera, R. (2007) *Proceso de irradiación*. Sterigenics S. de R. L. de C. V. Comunicación Personal.
- ⊙ Páez, R.A.R. (2004). *Tecnologías Sostenibles para el Manejo de la Antracnosis en Papaya y Mango*. Disponible en: www.turipana.org.co/manejo_Antracnosis.htm
- ⊙ Pantastico, E.R.B. (1987). *Fisiología de la posrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales*. C.E.C.S.A., México, pp. 663.
- ⊙ Parry, R.T. (1995). *Envasado de los Alimentos en Atmósfera Modificada*. A Madrid Vicente Ediciones, Madrid, España, pp. 331.
- ⊙ Pearson, D. (1989). *Técnicas de Laboratorio para el análisis de los alimentos*. Acribia, Zaragoza, España. 320 pp.
- ⊙ Pérez, R. C. (2005) Durante el apoyo para realizar el aislamiento, purificación e identificación de *C. gloeosporioides*, UNIGRAS, UNAM, Comunicación personal.
- ⊙ Perú Rural Piura (2005). *Mango*. Disponible en: www.piurarural.org/produccion/pagmango1htm
- ⊙ Piga, A.; Del Caro, A.; Pinna, I. y Agabbio, M. (2003). Changes in ascorbic acid, polyphenol content and antioxidant activity in minimally processed cactus pear fruits. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, **36**: 257-262.
- ⊙ Porras, E. A.; (2003) *Mangos Champán aumentan su atractivo*; Boletín Informativo No 1. Disponible en: www.mercanet.cnp.go.cr



- ⊙ Prasanna, V.; Prabha T. N.; Tharanathan R. N. (2004) Pectic polysaccharides of mango (*Mangifera indica* L.) structural studies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **84**: 1731 – 1735.
- ⊙ PROEXANT, Corporación. (1993). *Promoción de exportaciones agrícolas no tradicionales, hojas técnicas, Mango*. Disponible en: www.proexant.org.ec/HT_Mango.html
- ⊙ Prusky, D. (1996) Patogen quiescense in postharvest diseases. *Annual Review of Phytopathology*, **34**: 413 – 434.
- ⊙ Prusky, D.; Ascarelli, A.; Jacoby B. (1984) Lack of involvement of nutrients in the latency of *Colletotrichum gloeosporioides* in unripe avocado fruits. *Phytopathologische Zeitschrift*, **110**: 106 – 109.
- ⊙ Ramirez, P. A. (2003) *Estudio del efecto de tratamientos térmicos para el control de antracnosis en mango (Mangifera indica L.)* Tesis de Licenciatura, FES – Cuautitlán. UNAM.
- ⊙ Rivero, M. R.; Ruiz, M. J.; García, C. P.; López-Lefebre, R. L.; Sánchez, E. y Romero, L. (2001). Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Science*, **160**: 315-321.
- ⊙ Salunkhe, D.K. y Desai, B.B. (1984). Mango. En: *Postharvest Biotechnology of Fruits*. Vol. I, Chapter 6, C.R.C. Press INC: Boca Raton, Florida, pp. 77-94.
- ⊙ Salveit, M.E. (2001). Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. *Postharvest Biology and Technology*, **21**: 61-69.
- ⊙ Samson, J.A. (1986). *Tropical Fruits*. 2ª. Ed. Longman Scientific and technical. pp. 216-234.
- ⊙ Sánchez, P. M. T. (2004). *Procesos de Conservación Poscosecha de Productos Vegetales*. AMV ediciones. pp. 64, 65.
- ⊙ Schuster, J. (2006) *Verticillium Wilt*. En: *Focus on plant problems*. University of Illinois Extensión. Disponible en: urbanext.uiuc.edu/focus/verticillium.html
- ⊙ SAGARPA, Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (2005); *Plan Rector Sistema Nacional de Mango*. Disponible en: <http://w4.siap.gob.mx>
- ⊙ SAGARPA, Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (2003); *Síntesis Ejecutiva del Cultivo del Mango en Chiapas*. Disponible en: www.sagarpa.gob.mx/dlg/chiapas



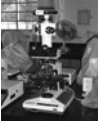
- ② SAGARPA-SIAP Secretaria de Agricultura Ganaderia Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2006); *Mango Sistema – Producto. Cadenas Productivas Agroalimentarias*. Disponible en: http://w4.siap.gob.mx/sispro/SP_AG/sp-mango
- ② SCFI, Secretaria de Comercio y Fomento Industrial (2006) *NMX-FF-058-SCFI-2006* Productos alimenticios no industrializados para consumo humano. Fruta fresca. Mango (*Mangifera indica* L.). Especificaciones.
- ② SSA, Secretaria de Salubridad y Asistencia (1993) *NOM-033-SSA1-1993* Bienes y servicios. Irradiación de Alimentos. Dosis permitidas en alimentos, materias primas y aditivos alimentarios.
- ② SSTMPE, Segurança e Saude no Trabalho para Micro e Pequenas Empresas (2007) *Radiaciones no ionizantes*. Disponible en: www.sstmpe.fundacentro.gov.br/Anexo/Cap18_Radiaciones_no_Ionizantes.pdf
- ② Selvaraj, Y. y Kumar, R. (1985) Studies on fruit softening enzyme and polyphenoloxidase activity in ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *Journal of Food Science and Technology*, **26**: 218 – 222.
- ② Senda, E. M. ; Capellas y Guamis, B. (1996) Food irradiation general aspects. *Food Science and Technology*, **2**: 1 – 11.
- ② SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2007) *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Disponible en: www.siap.gob.mx
- ② Shellie, K.C. y Mangan, R.L. (2000). Postharvest disinfection heat treatments: response of fruit and fruit fly larvae to different heating media. *Postharvest Biology and Technology*, **21**: 51-60.
- ② Silveira, F. S.; Harrington, C. T.; Mussi-Dias, V.; Engelbrecht, J. B. C.; Alfena, C. A. y Silva, R. C. (2006) *Annona squamosa* a new host of *Ceratocystis fimbriata*. *Fitopatologia Brasileira*, **31** (4). Disponible en: www.scielo.br/img/revistas/fb/v31/n4/10f1.jpg
- ② Singh, S. P. (1989) Relative incidence of mango nut weevil *Stemochetus mangiferae* (Fabricius) on different mango varieties. *Acta Horticulturae*, **231**: 575 – 580.
- ② SMA, Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (2006) *Radiación solar ultravioleta*. Disponible en: www.sma.df.gob.mx/simat/pnradiacionn.htm



- ⊙ Slinkard, K. y Singleton, V.L. (1977). Total phenol analysis; automation and comparison with manual methods, *American Journal of Enology and Viticulture*, **28**: 49-55.
- ⊙ Stevens, C.; Khan, V. A.; Tang, A. Y. y Lu, J. Y. (1990) The effect of ultraviolet radiation on mold rots and nutrients of stored sweet potatoes. *Journal of Food protection*, **53**: 223-226.
- ⊙ Stevens, C.; Khan, V. A.; Lu, J. Y.; Wilson, C. L.; Pusey, P. L.; Igwegbe, E. C. K.; Kabwe, K.; Mafolo, Y.; Liu, J. Chalutz, E.; y Droby S. (1997) Integration of Ultraviolet (UV-C) light with yeast treatment for control of postharvest storage rots of fruits and vegetables. *Biological Control*, **10**: 98 – 103.
- ⊙ Stevens, J. L.; Wilson, C. L.; Lu, J. Y.; Khan, V. A.; Chalutz, E.; Droby, S.; Kabwe, M. K.; Haung, Z.; Adeyeye, O.; Pusey, L. P.; Wisniewski, M. E. y West, M. (1996) Plant hormesis induced by ultraviolet-C light for controlling postharvest diseases of tree fruits. *Crop Protection*, **15**: 129-134.
- ⊙ Swart, G. M. (2003) *Alternaria* leafspot. En: *Other Diseases*. Forestry and Agricultural Biotechnology Institute. University of Pretoria. Disponible en: www.up.ac.za/academic/agrirural/old/mango/disease/oter.html
- ⊙ Tandon, P. L. y Shukla, R. P. (1989) Spot application of insecticides for the management of mango stone weevil, *Sternochetus mangiferae* (Fabr.) *Acta Horticulturae*, **231**: 571 – 574.
- ⊙ Thompson, A. K. (2003) *Almacenamiento en atmósferas controladas de frutas y hortalizas*. Editorial Acribia. Zaragoza; España. Pp. 159 – 162.
- ⊙ Universität Konstanz (2005) *Some Background Information on Biotrophic Host / Parasite Interactions*. Fachbereich Biologie. Disponible en: http://www.uni-konstanz.de/FuF/Bio/AGMendgen/Biologie/ralf_background.htm
- ⊙ Urrutia, L. F. (1996) *Uso de radiaciones ionizantes en la preservación de alimentos*. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. Disponible en: www.tecnovet.uchile.cl
- ⊙ Velasco, J. (2003). *Crece 9.6 por ciento la exportación de mango*. Reforma, negocios, 27 de Octubre. Disponible en: www.mexico.gob.mx
- ⊙ Vicente, A. R.; Pineda, C.; Lemoine, L.; Civello, P. M.; Martinez, G. A. y Chaves, A. R. (2005) UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biology and Technology*, **35**: 69-78.



- ⊙ Villalba, H. G. A. (1997) *Aspectos generales de los alimentos irradiados y el polietileno como envase de estos*. Tesis de Licenciatura Química en Alimentos, Facultad de Química, UNAM.
- ⊙ Webster, J. (1980) *Introduction to fungi*. 2nd edition. Cambridge University Press, Great Britain, pp 566.
- ⊙ Whetzel, H. H. (1935) *Nature of disease in plants*. Mimeographed paper, Plant Pathology Department, Cornell University. Disponible en: <http://www.usask.ca/biology/345/intro.html>
- ⊙ Wills, R.H.; McGlasson, W.B; Graham, D; Lee, T.H. y Hall, E.G. (1989). *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*. 3rd edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, pp.176.
- ⊙ Wilson C; El Gaouth, A; Chalutz, E; Droby, S; Stevens, C; Lu, J.Y; Khna, V. y Arul, J. (1994). Potential of induced resistance to control postharvest diseases of fruits and vegetables. *Plant Disease*, (78): 837-844.
- ⊙ Wilson, C.W; Shaw, P.E. y Knight, R.J. (1990). Importance of some lactones and 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone to mango (*Mangifera indica* L) aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38: 1556-1559.
- ⊙ Yehoshua, S. B.; Rodov, V.; Kim, J. J.; y Carmeli, S. (1992) Preformed and induced Antifungal Materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 1217 -1221.
- ⊙ Zambrano, J. y Materano, W. (1999). Efecto del Tratamiento de Inmersión en Agua Caliente Sobre el Desarrollo de Daños por Frío en Frutos de Mango (*Mangifera indica* L.). *Agronomía tropical*, 49 (1): 81-92.
- ⊙ Zamora, M. T.; Cárdenas S. E.; Cajuste B. J. F. y Colinas L. M. T. (2001) Anatomía del daño por rozamiento y por *Colletotrichum gloeosporioides* Penz en frutos de aguacate "Hass". *Agrociencia* 35: 237 – 244.
- ⊙ Zhao, M.; Moy, J. y Paul, R. E. (1996) Effect of gamma irradiation on ripening papaya pectin. *Postharvest Biology and Technology*, 8: 209 – 222.



ABREVIATURAS

A = Apresorio.

ACC = **Ácido** 1-aminociclopropano-1-carboxílico.

ADN ó DNA = **Ácido** desoxirribonucleico

ATP = Adenosintrifosfato.

E₁ = Preclimaterio.

E₂ = Inicio del climaterio.

E₃ = Máximo climaterio.

E₄ = Postclimaterio.

EDTA = **Ácido** etilendinitrilo tetra acético.

FDA =, Por sus siglas en inglés "Food and Drug Administration". Administración de Drogas y Alimentos

Gy = Gray.

HR = Humedad relativa.

IDC = Índice de decaimiento.

IQ = Índice de quemaduras.

IR = Infrarrojo.

min = Minuto.

nm = Nanómetro.

PAL = Fenilalanina amonio liasa.

PE = Hifa de penetración.

PF = Peso fresco.

PH = Hifa primaria.

ppm = partes por millón.

S = Espora.

SAM = S-adenosil-metionina.

SD = Desviación estandar.

ufc = Unidades formadoras de colonias.

UV = Ultravioleta.

V = Vesícula.



GLOSARIO

Acérvulos: Cuerpo fructífero de ciertos hongos; una estructura poco profunda en forma de platillo, provista de una capa de conidióforos productores de conidios.

ADN: Ácido desoxirribonucleico. Material genético de todos los organismos celulares y casi todos los virus. El ADN lleva la información necesaria para dirigir la síntesis de proteínas y la replicación.

Alongados: Alargados; de mayor longitud.

Ángstrom: Medida de longitud que equivale a la diezmilmillonésima (10^{-10}) parte del metro (Símbolo Å).

Ápice: Extremo superior o punta de algo. Parte pequeñísima, punto muy reducido.

Apresorio: Son engrosamientos de los ápices de las hifas de algunos hongos patógenos, para adherirse y colonizar el huésped.

Biotróficos: Utilizan células u organismos vivos como recurso nutritivo.

Coalescencia: Propiedad de las cosas de unirse o fundirse.

Conidio: Esporas fungales asexuales de producción exógena en hifas especializadas.

Conidióforo: Hifas especializadas encargadas de la producción de conidios.

Dímero: Molécula formada por dos unidades de la misma estructura química. La sacarosa es un dímero de glucosa y fructosa.

Etiología: Es el estudio de la causa de una enfermedad. Aquella fase de la patología de plantas que participa con el agente causal y su relación con la planta sensible.

Exocarpio: La capa más externa del pericarpio, también llamada epicarpio suele ser una simple película epidérmica. El exocarpio es una piel delgada.

Fenología: Parte de la meteorología que investiga las variaciones atmosféricas en su relación con la vida de animales y plantas.



Fisiología: Estudio de los procesos físicos y químicos que tienen lugar en los organismos vivos durante la realización de sus funciones vitales. Estudia actividades tan básicas como: la reproducción, el crecimiento, el metabolismo, la respiración, etc.

Foliar: Pertenece o relativo a la hoja.

Gray: Unidad de dosis absorbida de radiación ionizante del Sistema Internacional, equivalente a una absorción de un julio por kilogramo (Símbolo Gy). Su equivalencia con el rad es; $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$.

Hialino: Transparente como el vidrio o parecido a él.

Hifa: Filamentos tubulares microscópicos con un diámetro de 2-100 micras según las especies y las condiciones de crecimiento.

Hifa de infección: Las hifas o filamentos especializados de un hongo patógeno que invaden el tejido de una planta sensible.

Histología: Estudio microscópico de los tejidos —grupos de células similares interrelacionadas que cooperan para llevar a cabo una función biológica determinada— de animales y plantas.

Hospedero: Huésped vegetal o animal en que se aloja un parásito.

Inóculo: Es la parte del patógeno que puede provocar una infección.

Inocular: Introducir en un organismo una sustancia que contiene los gérmenes de una enfermedad.

Infectar: El acto de la penetración, crecimiento o multiplicación de un patógeno o parásito en el interior de los tejidos.

Infectivo: Un agente de inoculación, capaz de transmitir el patógeno.

Invaginar: Doblar hacia dentro los bordes de una vaina, de un tubo, de una vejiga o de otra cosa semejante. Retracción bajo fuerza o presión de una superficie exterior hacia el interior.



Irradiación de alimentos: Proceso físico que utiliza una fuente de radiación ionizante permitida para dar una exposición intencional en alimentos, materias primas y aditivos alimentarios, que no excedan de las dosis permitidas.

Longitud de onda: Distancia entre dos puntos consecutivos de una onda que tienen el mismo estado de vibración. Por ejemplo, la longitud de onda de las olas marinas es la distancia entre dos crestas consecutivas o entre dos valles.

Micelio: Es un conjunto de hifas. Éste procede en todas las especies de la germinación de las esporas. Existe un dimorfismo hay una fase unicelular, en las levaduras, y una fase filamentosa, el micelio. La gran mayoría son filamentosos. Constituye el aparato de nutrición de estos organismos.

Morfología: Parte de la biología que trata de la forma de los seres orgánicos y de las modificaciones o transformaciones que experimenta.

Nanómetro: Medida de longitud que equivale a la milmillonésima (10^{-9}) parte del metro (Símbolo *nm*).

Necrotrófico: Al establecerse matan tejidos u organismos, luego los asimilan saprotróficamente.

Panícula: Espiga de flores.

Patogénesis: Origen y desarrollo de las enfermedades. La parte del ciclo biológico de un patógeno en el cual esta continuamente asociado a su planta sensible.

Patógeno (vegetal): Agente causal de enfermedades en una planta.

Pericarpio: Parte exterior del fruto de las plantas, que cubre las semillas.

Pirimidinas: Base nitrogenada formada por un anillo heterocíclico. Ciertos derivados de la pirimidina, como la citosina, la timina y el uracilo (denominados bases pirimidínicas), son constituyentes de los ácidos nucleicos. Se obtiene por reacción entre la urea y el ácido propenoico o acrílico. A los derivados de la pirimidina se les conoce también con el nombre genérico de pirimidinas.



Protoplasma: Término con el que se denomina en ocasiones a la sustancia fundamental de las células. Este material incluiría la compleja organización coloidal de sustancias que componen el núcleo celular, el citoplasma, los plastos y las mitocondrias. El término *protoplasma*, que está muy extendido, está siendo sustituido por el término *citoplasma*. Éste último, sin embargo, no incluye el núcleo de la célula. La palabra protoplasma se utiliza, además, para denominar a las estructuras tubulares (hifas), de las cuales están compuestos los hongos.

Púricas: Son bases nitrogenada cíclicas constituyentes de los ácidos nucleicos: La adenina y guanina se consideran bases púricas.

Rad: Unidad de dosis absorbida de radiación ionizante, que equivale a la energía de 100 ergios por gramo de materia irradiada.

Radiación Electromagnética: Ondas producidas por la oscilación o la aceleración de una carga eléctrica. Las ondas electromagnéticas tienen componentes eléctricos y magnéticos. La radiación electromagnética se puede ordenar en un espectro que se extiende desde ondas de frecuencias muy elevadas (longitudes de onda pequeñas) hasta frecuencias muy bajas (longitudes de onda altas).

Radiación Infrarroja: Emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas en la zona del espectro situada inmediatamente después de la zona roja de la radiación visible. La longitud de onda de los rayos infrarrojos es menor que la de las ondas de radio y mayor que la de la luz visible. Oscila entre aproximadamente 10^{-6} y 10^{-3} metros. La radiación infrarroja puede detectarse como calor.

Radiación Ultravioleta: Radiación electromagnética cuyas longitudes de onda van aproximadamente desde los 400 nm, el límite de la luz violeta, hasta los 15 nm, donde empiezan los rayos X. La radiación ultravioleta puede producirse artificialmente mediante lámparas de arco; la de origen natural proviene principalmente del Sol.

Rayos gama: Emisiones nucleares sin masa, ni carga, constituidos solo por radiación electromagnética. Los núcleos que emiten rayos gama permanecen con igual masa y carga, pero pierden energía y por lo tanto descienden en su nivel energético.



Saprófito: Cualquier organismo que no puede obtener su alimento mediante la fotosíntesis, y en su lugar se nutre de restos de materia vegetal o animal en putrefacción. Organismo que crece y se alimenta de materia orgánica sin vida.

Septo: Tabique que divide de un modo completo o incompleto una cavidad. Existen varios tipos de septos:

Por origen:

Primarios: entre núcleos hijos, están relacionados con la división nuclear y se dan en los hongos superiores.

Adventicios: son independientes de la división nuclear, se dan en los hongos primitivos.

Por estructura:

Pseudoseptos: septos incompletos o sin poros, propios de hongos primitivos como los *oomicetos* y los *zigomicetos*.

Con poro central: son relativamente grandes, tienen asociados cuerpos de Woronin que son los responsables de que los septos se puedan cerrar. Se dan en los hongos superiores: *Ascomicetos* y *Deuteromicetos*.

Con doliporo: es un complejo doliporo-parentosoma son estructuras que cierran bastante el poro y tienen forma de barril. Se dan en los hongos superiores *Basidiomicetos*, excepto royas y carbones.

Talo: El talo está formado por filamentos tubulares llamados hifas. Su ramificación y extensión cambia según las condiciones. Al ser muy simples, son muy adaptables a la vida en el suelo.

Tejido vegetativo: Agregado celular fúngico encargado las funciones vitales básicas inconscientes o involuntarias.