



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

“APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS HIDROTÉRMICOS,
IRRADIACIÓN IONIZANTE Y NO IONIZANTE PARA EL
CONTROL DE *SALMONELLA SPP* EN PAPAYA MARADOL
PARA EXPORTACIÓN”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS

PRESENTA

OLACO GARCÍA JHONATAN

ASESORAS:

DRA. MARÍA ANDREA TREJO MÁRQUEZ

M.C. ALMA ADELA LIRA VARGAS



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U.N.A.M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO
DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ
Jefa del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos a comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Aplicación de tratamientos hidrotérmicos, irradiación ionizante y no ionizante para el control de Salmonella spp en papaya maradol para exportación

Que presenta el pasante: Jhonatan Olaco García

Con número de cuenta: 408067405 para obtener el Título de: Ingeniero en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 20 de mayo de 2013.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Carolina Moreno Ramos	
VOCAL	M. en C. María Guadalupe Amaya León	
SECRETARIO	Dra. María Andrea Trejo Márquez	
1er. SUPLENTE	IA. Ana María Sabina de la Cruz Javier	
2do. SUPLENTE	IA. Zaira Berenice Guadarrama Álvarez	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

AGRADECIMIENTOS



Agradecer no es un acto exclusivo del hombre, sin embargo no todos poseemos el valor y la dicha de agradecer y saberse agradecidos

Dedico con todo mi amor y cariño esta tesis a mis padres, hermanas y hermano, porque sin ustedes no hubiese sido posible, por lo mismo el logro es compartido, resultado de esta gran familia que somos.

JHONATAN OLACO GARCÍA

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

UNAM

Hoy plasmo en unas cuantas líneas, no por ello menos significativo el inmenso amor, cariño y respeto que siento por la Universidad Nacional Autónoma de México, enorme, magnífica y máxima casa de estudios, mi casa, que me acogió durante el lapso de mi vida universitaria, y me formo como profesional de la ingeniería en alimentos, y que hoy por hoy me cobija con su prestigio único, reconocido a nivel internacional y por lo mismo estoy orgullosamente comprometido en regirme bajo los principios que me forjo.

ESTERIGENICS

El líder global en servicios de esterilización, por su apoyo en el desarrollo de este proyecto, por la seriedad y el compromiso para irradiar cada una de las papayas para la obtención de resultados más estrictos. En particular a la Q.F.B Ma. Del Carmen Casar y al Ing. Ricardo Olvera por el apoyo técnico recibido.

PAPIME

El presente trabajo fue financiado por el proyecto PAPIME: Elaboración de materiales educativos para fortalecer la enseñanza en el taller Multidisciplinario de Ingeniería en Alimentos Procesos Tecnológicos de Frutas y hortalizas de la carrera de Ingeniería en Alimentos (PE202610), de la Dirección General de Asuntos del personal Académico de la UNAM.

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Sin caer en la arrogancia agradezco en primer línea a mí mismo por la disponibilidad para adoptar disciplina y constancia que hoy día me lleva a cerrar con éxito un importante ciclo en mi vida, y así también me fortalece en todo sentido para iniciar nuevos proyectos de vida, sin embargo durante éste proceso estuvieron involucradas un sinnúmero de personas que posiblemente sin su apoyo estas líneas jamás hubiese escrito. Por ello y con cierto temor de pasar por alto a alguna persona agradezco infinitamente a:

A MIS PADRES

La Sra. Juanita García Bautista y al Sr. Epifanio I. Olaco Villeda los dos seres más importantes en mi vida, porque a ellos les debo la vida el regalo más maravilloso de este mundo, porque de manera muy acertada han hecho de mí un hombre con principios y valores, ya que para estos conceptos tan abstractos no hay mejor enseñanza que el ejemplo mismo, agradezco el amor y la confianza brindada porque basados en su instinto de padres supieron el momento idóneo de dejarme volar, reconociendo el trabajo que juntos habían hecho, y a pesar de haberme brindado de herramientas tan valiosas para continuar mi camino, hoy día siguen siendo el pilar que me sostiene cuando me siento desvanecer por eso y por muchas cosas más, los amo, respeto y admiro y les digo gracias papá gracias mamá por cada enseñanza brinda por preocuparse y ocuparse de mí, infinitamente gracias.

A MIS HERMANAS Y HERMANO

Queridas hermanas y querido hermano, gracias por siempre creer en mí, por hacerme sentir amado, y brindarme la confianza para seguir adelante, el amor es correspondido, siempre tengo presente las enseñanzas de nuestros padres, de la importancia de fortalecer los lazos de sangre, sin duda en los buenos y no tan buenos momentos hemos estado juntos y así será por siempre, porque en los pasajes menos fortuitos las personas que nunca fallan somos nosotros como hermanos y nuestros padres aprendiendo el valor de la familia y dando gracias por la misma LOS AMO.

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A MIS PROFESORES

Hoy día vivimos momentos inciertos, se descalifica a los pilares de nuestro saber, aquellos que contribuyeron en plantar la semilla del conocimiento y la formación, por lo mismo agradezco en este espacio el valioso aporte de los maestros al desarrollo de nuestra nación, extendiendo este reconocimiento a todos los maestros de México y en especial a aquellos que contribuyeron en mi formación académica, que lejos de juzgar si fueron buenos o malos, rescato las enseñanzas de todos y cada uno de ustedes, gracias por darme y enseñarme a buscar conocimiento; de manera exclusiva gracias a Andrea Trejo Márquez, Adela Lira Vargas, Selene Pascual Bustamante, Miriam Álvarez Velazco, Juanita Gutiérrez Bautista, Laura Cortazar, Ma. Eugenia Ramírez, Carolina Moreno, Guadalupe Amaya y Jaime Flores todos ellos profesores de mi formación universitaria.

A MI ASESOR:

Por su profesionalismo pasión y entrega para cada proyecto dirigido, por su vasta experiencia para generar conocimiento que no limita en lo académico, por saber ser y formar líderes por su calidad de ser humano por ser una excelente docente Dra. Ma. Andrea Trejo Márquez le digo gracias es evidente el respeto que siento por usted y al mismo tiempo el cariño surgido del día a día de convivencia; en fin en esta misma línea podría enlistar muchas más cualidades que no terminaría pero lo más relevante lo he escrito, la quiero mucho doctora.

AGRADECIMIENTOS



AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A MI COASESOR

Por esa personalidad que te hace única, por tus acertadas contribuciones a este nuestro proyecto y a mi conocimiento M.C. Alma Adela Lira Vargas gracias sin duda eres gran maestra y amiga, muchos gratos de convivencia contigo, te quiero mucho Adela.

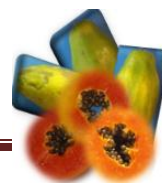
A MI FAMILIA COMPUESTA

Mis amigos del departamento que se convirtieron en una familia para mí y que mucho de los mejor momentos en mi paso por la universidad fue a su lado, porque son un ejemplo importante en cuanto a orden, disciplina, constancia y convivencia, porque alimentan mi espíritu de continuar la batalla. Por abrirme un espacio en sus vidas permitiéndome conocerles y permitiéndose conocerme; siempre estarán presentes como parte importante de mi vida los quiero mucho.

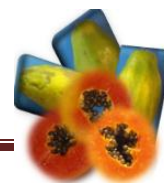
A MIS AMIGOS

Durante mi vida he encontrado a personas con las que he tenido afinidad en pensamiento y sentir, pero también con quien he tenido diferencias, y entre esto sean forjado grandes amigos, con los que he vivo aventuras que quedaron marcadas con tinta indeleble que cuando recuerdo me es inevitable dibujar una sonrisa en mi rostro, muchos momentos buenos y felices, así como de coraje y frustración, a mis amigos de hora y mañana les digo agracias por hacerme saber que cuento con ustedes yo también siempre estaré para ustedes y al final del día todo es un equilibrio, ventaja de vivir en un universo físico.

ÍNDICE

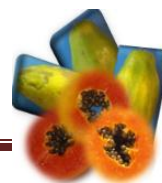


ÍNDICE.	Página
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	II
INTRODUCCIÓN.....	2
1..ANTECEDENTES.....	5
1.1 Generalidades de la papaya.....	5
1.1.1 Origen.....	5
1.1.2 Taxonomía y morfología.....	6
1.1.3 Variedades.....	7
1.1.4 Importancia económica.....	8
1.1.5 Composición química y valor nutricional.....	11
1.1.6 Pérdidas postcosechas.....	12
1.1.7 Problemas por inocuidad.....	15
1.2 Salmonella.....	16
1.2.1 Mecanismos de adherencia.....	18
1.2.2 Mecanismos de invasión.....	18
1.2.3 Mecanismos de patogenicidad.....	19
1.2.4 Diagnóstico, tratamiento y prevención.....	19
1.3 Tratamientos postcosecha para conservación y comercialización de papaya.....	20
1.3.1 Altas temperaturas.....	22
1.3.2 Irradiaciones.....	23
1.3.3 Radiaciones electromagnéticas (rem).....	23
1.3.4 Tipos de irradiación.....	24
1.3.4.1 Radiación no ionizante.....	25
1.3.4.2 Radiación ionizante.....	29
1.3.5 Ventajas y desventajas de los tratamientos hidrotérmicos, irradiación gamma e irradiación uv-c en alimentos.....	31
1.4 Normatividad.....	33



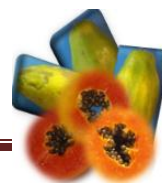
1.4.1 Normas internacionales relacionadas con el manejo poscosecha de la papaya	33
1.4.2 Normas internacionales relacionadas con la irradiación de alimentos..	34
2. OBJETIVOS	37
2.1 Problema.....	37
2.3 Objetivo general.	37
2.4 Objetivos particulares	37
2.4.1 Objetivo particular 1.....	37
2.4.2 Objetivo particular 2.....	37
3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	39
3.1 Cuadro metodológico	39
3.2 Material biológico	40
3.3 Tratamiento de material biológico.	40
3.4 Aplicación de tratamientos.....	41
3.4.1 Tratamiento hidrotérmico.....	41
3.4.2 Ultra violeta (uv-c).....	42
3.4.3 Irradiación gamma.....	42
3.5 Tratamientos combinados	43
3.5.1 Hidrotérmico + uv-c	43
3.5.2 Hidrotérmico + gamma	43
3.6 Efecto de tratamientos hidrotérmicos, uvc en parámetros de calidad.	43
3.7 Efecto de la combinación de los tratamientos en sobrevivencia <i>Salmonella</i>	44
3.7.1 Pruebas bioquímicas de la cepa <i>Salmonella thypimurium</i>	44
3.7.1.1 Prueba de catalasa	44
3.7.1.2 Tinción de gram	44
3.7.1.3 Evaluación de la resistencia a ampicilina.....	45
3.7.2 Inoculación	45
3.8 Técnicas analíticas	46
3.8.1 Parametros de calidad.....	46
3.8.1.1 Pérdida de peso.....	46

ÍNDICE

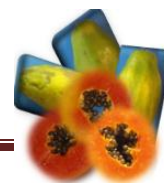


	Página
3.8.1.2 Color.....	47
3.8.1.3 Firmeza.....	47
3.8.1.4 Sólidos solubles totales	48
3.8.1.5 Acidez titulable y pH.....	48
3.9 Parámetro nutrimental	49
3.9.1 Vitamina C	49
3.10 Determinación de parámetro sensorial	50
3.11 Análisis estadístico.....	50
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
4.1. Selección y clasificación de la papaya	52
4.2. Efecto de tratamientos hidrotérmicos.....	52
4.2.1 Parámetros de calidad.....	52
4.2.1.1. Pérdida de peso.....	52
4.2.1.2. Color.....	54
4.2.1.3. Apreciación visual de los cambios en el color externo e interno de papaya ‘maradol’ tratada térmicamente.....	60
4.2.1.4. Firmeza.....	64
4.2.1.5. pH.....	66
4.2.1.6. Sólidos solubles totales (SST).....	68
4.2.1.7. Acidez titulable	69
4.2.2. Parámetro nutrimental	71
4.2.2.1. Vitamina C	71
4.2.3. Evaluación sensorial.....	72
4.3. Efecto de los tratamientos por irradiación uv-c en los parámetros de calidad de papaya ‘maradol’ en dos estadios de madurez.....	74
4.3.1. Parametros de calidad.....	74
4.3.1.1. Pérdida de peso.....	74
4.3.1.2. Color.....	75
4.3.1.3. Evaluación visual de los cambios de color externo e interno de las papayas ‘maradol’ en dos estados de madurez tratadas por uv-c.....	81

ÍNDICE



	Página
4.3.1.4. Firmeza.....	86
4.3.1.5. Sólidos solubles (SST).....	87
4.3.1.6. pH.....	88
4.3.1.7. Acidez.....	89
4.3.2. Parámetro nutrimental.....	90
4.3.2.1. Vitamina C.....	90
4.3.3. Evaluación sensorial.....	92
4.4. Efecto de tratamientos poscosecha en el control de la presencia de <i>salmonella</i> en papaya ‘maradol’.....	95
5. CONCLUSIONES.....	100
6. RECOMENDACIONES.....	102
7. ABREVIATURAS.....	104
8. REFERENCIAS.....	106

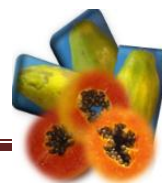


ÍNDICE DE TABLAS

Página

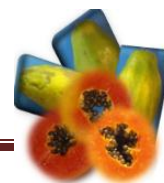
Tabla	1. Información taxonómica de carica papaya	6
Tabla	2. Descripción morfológica del papayo.	6
Tabla	3. Principales variedades de papayas.....	8
Tabla	4. Composición química de la papaya.	12
Tabla	5. Enfermedades y fisiopatías causantes de las principales pérdidas postcosecha en papaya.....	13
Tabla	6. Principales plagas causantes de pérdidas postcosecha.	14
Tabla	7. Patógenos registrados en frutas	16
Tabla	8. Tratamientos postcosecha de uso común para conservación y comercialización de papaya.....	21
Tabla	9. Clasificación de los tipos de irradiación.....	25
Tabla	10. Factores que influyen en la eficacia de los rayos ultravioleta.	27
Tabla	11. Aplicaciones de desinfección con luz ultravioleta a diferentes tipos de agua.....	28
Tabla	12. Efecto de la irradiación gamma en los componentes de los alimentos.....	30
Tabla	13. Ventajas y desventajas de la radiación ionizante, no ionizante y tratamiento hidrotérmico.....	32
Tabla	14. Combinación de tratamientos para el evaluar el control de <i>Salmonella</i> en papaya.....	44
Tabla	15. Escala hedónica de 5 puntos para evaluar atributos más representativos de la papaya ‘Maradol’.....	50
Tabla	16. Características físicas de papayas ‘Maradol’.....	52
Tabla	17. Cambios visuales en la apariencia física externa de las papayas en estado de madurez ½ de verde sin y con tratamiento hidrotérmico (40, 45 y 50°C / 20 min).	61
Tabla	18. Cambios visuales en la apariencia física externa de las papayas en estado de madurez ¾ de verde sin y con tratamiento hidrotérmico (40, 45 y 50°C / 20 min).....	62
Tabla	19. Cambios visuales en la apariencia física interna de las papayas en estado de madurez ½ de verde sin y con tratamiento hidrotérmico (40, 45 y 50°C / 20 min).....	63
Tabla	20. Cambios visuales en la apariencia física interna de las papayas en estado de madurez ¾ de verde sin y con tratamiento hidrotérmico (40, 45 y 50°C / 20 min).....	64
Tabla	21. Cambios visuales en la apariencia física externa de las papayas ‘Maradol’ en estado de madurez ½ de verde irradiadas con luz UV-C a diferentes tiempos de exposición (30 y 40 min).....	82

ÍNDICE



Página

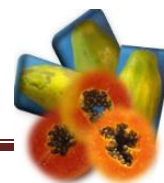
Tabla 22. Cambios visuales en la apariencia física externa de las papayas ‘Maradol’ en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde irradiadas con luz UV-C a diferentes tiempos de exposición (30 y 40 min).....	83
Tabla 23. Cambios visuales en la apariencia física interna de las papayas ‘Maradol’ en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde e irradiadas con luz UV-C a diferentes tiempos de exposición (30 y 40 min).....	84
Tabla 24. Cambios visuales en la apariencia física interna de las papayas en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde irradiadas con luz UV-C a diferentes tiempos de exposición (30 y 40 min).....	85



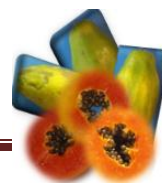
ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Papaya maradol.....	5
Figura 2. Distribución de la familia caricaceae en el mundo.....	9
Figura 3. Regiones productoras de papaya, 2012.	10
Figura 4. Principales estados productores de papaya maradol en México, producción 2012.	10
Figura 5. Exportación de papaya a los Estados Unidos de 2009 a 2012.....	11
Figura 6. <i>Salmonella</i>	17
Figura 7. Espectro electromagnético.....	24
Figura 8. Clasificación de las radiaciones no ionizantes.....	26
Figura 9. Papaya variedad ‘Maradol’	40
Figura 10. Clasificación en dos estados e madurez ½ y ¾ de verde, de papaya ‘Maradol’	40
Figura 11. Evaluación de pesos (A) y medidas longitudinales y ecuatoriales de cada papaya (B).....	41
Figura 12. Aplicación de los tratamientos hidrotérmicos.	41
Figura 13. Cámara de irradiación de luz ultravioleta.....	42
Figura 14. Mapeo de la distribución de dosis en cada papaya sometida a irradiación gamma.....	43
Figura 15. Preparación de los lotes de papaya en cámara de flujo laminar (A), e inoculación de la <i>Salmonella</i> (B).....	46
Figura 16. Determinación de la pérdida de peso, Balanza granaria digital (PSS-5).....	47
Figura 17. Colorímetro minolta CR 300 con sistema Hunter Lab.	47
Figura 18. Penetrometro manual tipo chatillón.....	48
Figura 19. Refractómetro manual Atago.....	48
Figura 20. A) Equipo de titulación, B) Potenciómetro manual (Hanna instruments).....	49
Figura 21. Espectrofotómetro.....	49
Figura 22. Efecto de tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50° C por 20 min) en la pérdida de peso de la papaya ‘Maradol’ en dos estadios A) ½ de verde, B) ¾ de verde.....	53
Figura 23. Efecto de tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50° C/ 20 min.) en la luminosidad de papaya ‘Maradol’ en dos estadios y dos tejidos A) ½ de verde en piel, B) ¾ de verde en piel, A’) ½ de verde en pulpa y B’) ¾ de verde en pulpa.....	54
Figura 24. Efecto de tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50° C) en el tono de papaya en dos estadios y dos tejidos A) ½ de verde en piel, B) ¾ de verde en piel, A’) ½ de verde en pulpa y B’) ¾ de verde en pulpa.	56



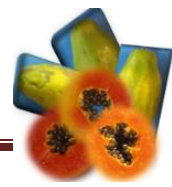
	Página
Figura 25. Efecto de tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50° C por 20 min) en el croma de papaya la ‘Maradol’ en dos estadios y dos tejidos A) ½ de verde en piel, B) ¾ de verde en piel, A’) ½ de verde en pulpa y B’) ¾ de verde en pulpa.....	59
Figura 26. Efecto de tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50° C por 20 min) en la firmeza de papaya ‘Maradol’ en dos estadios A) ½ de verde en piel, B) ¾ de verde en piel.	65
Figura 27. Efecto de tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40°, 45° y 50° C por 20 min) en el pH de papaya ‘Maradol’ en dos estadios A) ½ de verde, B) ¾ de verde.....	67
Figura 28. Efecto de tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40°, 45° y 50° C por 20 min) en los sólidos solubles totales de papaya ‘Maradol’ en dos estadios y dos tejidos A) ½ de verde en pulpa y B) ¾ de verde en pulpa..	68
Figura 29. Efecto del tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40°, 45° y 50° C por 20 min) en la acidez de papaya ‘Maradol’ en dos estadios A) ½ de verde en pulpa, B) ¾ de verde en pulpa.....	70
Figura 30. Efecto del tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40°, 45° y 50°C por 20 min) en la vitamina c, expresada en mg de ácido ascórbico en papaya ‘Maradol’ en dos estadios A) ½ de verde en pulpa, B) ¾ de verde en pulpa.....	71
Figura 31. Efecto del tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50°C por 20 min) en parámetros sensoriales de mayor importancia en escala hedónica de 5 puntos en papaya ‘Maradol’ en dos estadios A) ½ de verde en pulpa, B) ¾ de verde en pulpa.	73
Figura 32. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en la pérdida de peso de la papaya ‘Maradol’ en dos estadios A) ½ de verde, B) ¾ de verde.....	74
Figura 33. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en la luminosidad de papaya ‘Maradol’ en dos estadios y dos tejidos A) ½ de verde en piel, B) ¾ de verde en piel, A’) ½ de verde en pulpa y B’) ¾ de verde en pulpa.....	76
Figura 34. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en el tono de la papaya en dos estadios y dos tejidos A) ½ de verde en piel, B) ¾ de verde en piel, A’) ½ de verde en pulpa y B’) ¾ de verde en pulpa.....	78
Figura 35. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en el croma de la papaya ‘Maradol en dos estadios y dos tejidos A) ½ de verde en piel, B) ¾ de verde en piel, A’) ½ de verde en pulpa y B’) ¾ de verde en pulpa.....	79



	Página
Figura 36. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en la firmeza de papaya ‘Maradol’ en dos estadios A) ½ de verde en piel, B) ¾ de verde en piel.....	86
Figura 37. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en los sólidos solubles de papaya ‘Maradol’ en dos estadios A) ½ de verde, B) ¾ de verde.....	87
Figura 38. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en el pH de la papaya ‘Maradol’ en dos estadios A) ½ de verde, B) ¾ de verde.....	88
Figura 39. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en la acidez de la papaya ‘Maradol’ en dos estadios A) ½ de verde, B) ¾ de verde.....	90
Figura 40. Efecto del tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en la vitamina c, expresada en mg de ácido ascórbico en papaya en dos estadios A) ½ de verde en pulpa, B) ¾ de verde en pulpa.....	91
Figura 41. Efecto del tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en parámetros sensoriales de mayor importancia en papaya ‘Maradol’ en dos estadios A) ½ de verde en pulpa, B) ¾ de verde en pulpa.....	92
Figura 42. Sobrevivencia de <i>Salmonella typhimurium</i> en papaya ‘Maradol’ en estado de madurez ¾ de verde, en función de la aplicación de tratamientos hidrotérmico (H), irradiación UV-C (UV-C), irradiación gamma (G) y la combinación de estos irradiación gamma + hidrotérmico (G+H) e irradiación UV-C + hidrotérmico (U+H) en un tiempo de 168 hrs.....	95



RESUMEN

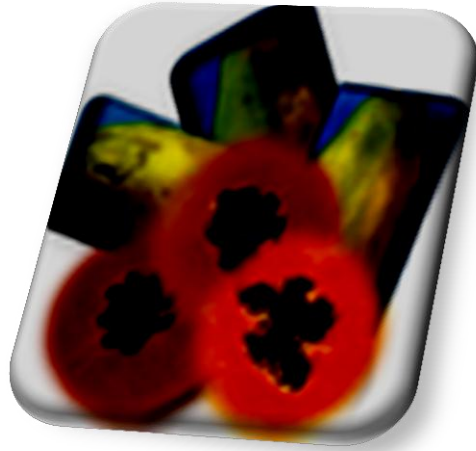


RESUMEN

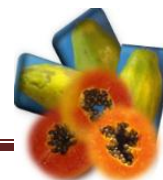
El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de tratamiento hidrotérmico, irradiación ionizante (gamma) y no ionizante (UV-C) que garantice el control de *Salmonella* en papaya (*Carica papaya* L.) variedad 'Maradol' mexicana, en dos estados de madurez ($\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ de verde) para evitar problemas de inocuidad y que permita su exportación a Estados Unidos. Se trabajó con papayas adquiridas en la central de abastos de la ciudad de México que se seleccionaron, clasificaron y lavaron; en una primera etapa se evaluó el efecto del tratamiento hidrotérmico (40, 45 y 50 °C/20 min), e irradiación ultravioleta (30 y 40 min) en parámetros de calidad (pérdida de peso, luminosidad, tono, croma, firmeza, pH, sólidos solubles totales y acidez), parámetro nutrimental (vitamina C) y parámetro sensorial (escala hedónica de 5 puntos), y en la segunda etapa se evaluó la sobrevivencia de *Salmonella typhimurium* por un tiempo de 168 horas inoculada en papayas (1.4×10^8 UFC/ml de *Salmonella*) mediante la aplicación de los tratamientos cuarentenarios y su combinación de estos a las condiciones que menos afectaron la calidad del fruto.

Los tratamientos postcosecha seleccionados para evaluar el control de *Salmonella* fueron, tratamiento hidrotérmico a 50°C/20min, irradiación UV-C por 30 min e irradiación gamma a 0.695 KGy ya que estas condiciones no afectaron los parámetros de calidad evaluados.

En la sobrevivencia de *Salmonella* los tratamientos UV-C y Gamma por sí solos no la controlaron, sin embargo, el tratamiento hidrotérmico y la combinación de tratamientos (hidrotérmico + UV-C e hidrotérmico + Gamma) la controlaron en un 100%.



INTRODUCCIÓN



1 INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya*) es una planta perteneciente a la familia *Caricaceae*, originaria de América tropical del sur de México hasta Costa Rica; cultivada en la actualidad en diferentes regiones tropicales y subtropicales del mundo. En México, para el año 2010, tuvo una producción anual de 616,215.46 mil ton y se cultiva principalmente en los estados de Veracruz, Chiapas, Michoacán y Oaxaca (SIAP, 2012b).

México destaca en el mundo como exportador de papaya fresca destinando más del 90 % de sus exportaciones al mercado de los Estados Unidos, pero sólo el 10% de su producción total es exportada (PROPAPAYA, 2012).

Las pérdidas postcosecha oscilan entre 18 y 30%, siendo la principal causa una enfermedad originada por el virus de la mancha anular del papayo y por el impacto de los factores externos a causa de su frágil y delgada epidermis (Díaz, 2003; De la Cruz *et al.*, 2007; Rivas-Valencia *et al.*, 2003).

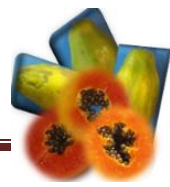
Actualmente contribuye a estas pérdidas postcosecha la contaminación por patógenos, específicamente *Salmonella*, un muestreo reciente por la FDA encontró la cepa en dos muestras de papaya. Las papayas se importaron de México y se vincularon a los casos denunciados de *Salmonella ágona* (FDA, 2011).

El 14 de septiembre de 2012 la FDA emitió un comunicado a los consumidores para no comer mangos de Agrícola Daniella, una casa unifamiliar ubicada en embalaje Sinaloa, México. Las pruebas de la FDA ha encontrado *Salmonella* en los mangos de este productor, haciendo necesaria una estrategia que controle dichos problemas de inocuidad (FDA, 2012).

Gutiérrez y Juárez (2011) evaluaron el efecto de los tratamientos combinados de irradiación gamma (500 Gy) e hidrotérmico (50°C por 5 min) para el control de antracnosis en papaya, concluyendo que dicho tratamiento fue útil para controlar al hongo *C. gloeosporioides* y no afectar la calidad del fruto. Por otra parte, los tratamientos por irradiación UV-C han demostrado ser una alternativa para el control de patógenos de la superficie de frutos, ya que la radiación es absorbida por el DNA y puede detener el crecimiento celular y producir la muerte celular.

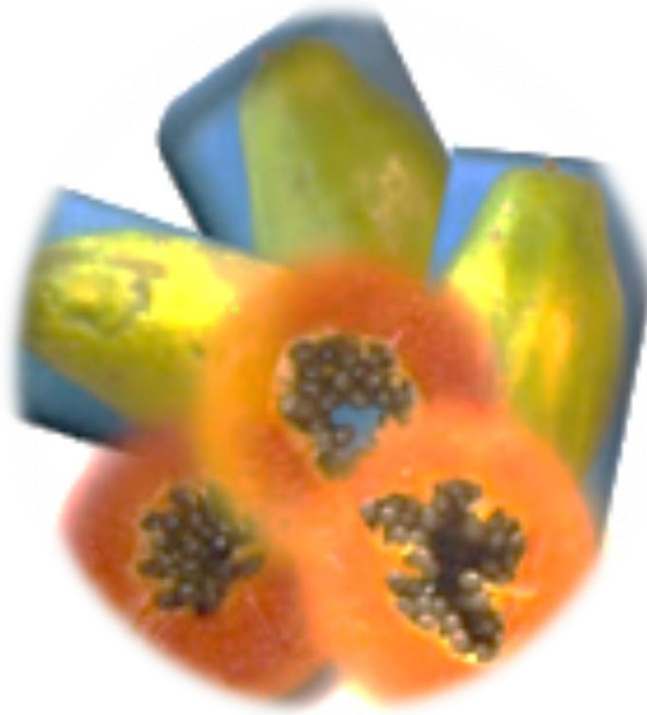
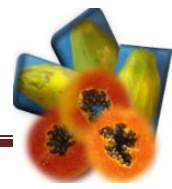
En 2011, Magaña y Tapia evaluaron el efecto del tratamiento postcosecha del mango en la sobrevivencia de enterobacterias patógenas a través de tratamientos hidrotérmicos y UV-C

INTRODUCCIÓN

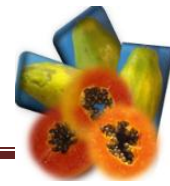


mismos que no afectaron los parámetros de calidad en el mango y disminuyeron significativamente la sobrevivencia de *E. coli* 108412; sin embargo no se eliminó hasta las 168 horas de almacenamiento, lo que podría implicar un riesgo a la salud.

Con respecto al control de patógenos en papaya no hay datos reportados, por lo que en el presente proyecto se busca garantizar la inocuidad en papaya ‘Maradol’ mexicana, para evitar riesgos a la salud, así como también para proteger al productor de importantes pérdidas económicas en los altos volúmenes de producción y exportación por sanciones ocasionadas por problemas de inocuidad en este producto.



ANTECEDENTES



1. ANTECEDENTES

1.1 GENERALIDADES DE LA PAPAYA

La papaya es una fruta de consumo común es ovoide y oblonga, periforme o casi cilíndrica, grande, carnosa, jugosa, ranurada longitudinalmente en su parte superior; de color verde amarillento o anaranjado cuando madura, de color anaranjado o rojizo por dentro con numerosas semillas parietales, de 10 a 25 cm o más de largo y 7 a 15 cm o más de diámetro. Las semillas son de color negro, redondeadas u ovoides y encerradas en un arillo transparente, subácido (Figura 1) (SIAP, 2012a).

Algunos nombres comunes en México son: Ch'ich'put, Put (lengua maya, Yuc.); Dúngué (lengua cuicatléca, Oax.); Otzo (lengua zoque, Chis.); Papaya de pájaro, Chich-put (Yuc.); Papayo, Papaya; Tutun-chichi (lengua totonaca, Ver.); Tzipi (lengua Cora, Nay.); Papaya de monte (Chis.); Papayito cimarrón (CONABIO, 2012a).



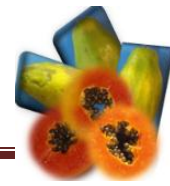
Figura 1. Papaya 'Maradol'.
Fuente: SIAP (2012a).

1.1.1 ORIGEN

La papaya es nativa de Centroamérica, posiblemente entre el sur de México y el norte de Nicaragua. La primera mención de la misma fue en el año 1535 y se le atribuye a Gonzalo Fernández de Oviedo (1478-1557), historiador español, quien informó a los reyes de España haber visto plantas de papayas creciendo en dicha región (SIAP, 2012c).

Su llegada al Caribe y a Suramérica se debió a los marinos españoles y portugueses. En estos lugares se le conoce con diferentes nombre, tales como fruta bomba, lechosa, papaw, pawpaw y otros. Su distribución en todo el resto del mundo tropical se logra durante el siglo XVI (SIAP, 2012c).

ANTECEDENTES



Actualmente se cultiva en Florida, Hawái, África Oriental Británica, Sudáfrica, Ceilán, India, Islas Canarias, Archipiélago Malayo y Australia (INFOAGRO, 2012).

1.1.2 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA

En la tabla 1. Se presentan la información taxonómica de carica papaya.



Tabla 1. Información taxonómica de Carica papaya

REINO	Plantae
DIVISIÓN	<i>Magnoliophyta</i>
CLASE	<i>Magnoliopsida</i>
ORDEN	<i>Violales</i>
FAMILIA	<i>Caricaceae</i>
GÉNERO	<i>Carica L., 1753</i>
ESPECIE	<i>PapayaL., 1753</i>

Fuente: CONABIO (2012b).

La planta de la papaya es herbácea y de crecimiento rápido. Se clasifica como una especie perenne, ya que puede llegar a vivir unos 20 años. Se considera una hierba arborescente porque es muy poco lignificada. Por estas razones, en el caso de la papaya el término árbol no es botánicamente apropiado. En la tabla 2 se describe la morfología de la planta de papaya.

Tabla 2. Descripción morfológica del papayo.

PARTE DE LA PLANTA	DESCRIPCIÓN
RAÍZ 	Es engrosada y de color blancuzco en su exterior. En los suelos profundos y sueltos crece hacia abajo casi verticalmente hasta unos 60 cm de profundidad. Produce unas 25 raíces secundarias de 2.5 a 5 cm de grueso.
TALLO 	Sencillo o algunas veces ramificado, de 2-10 m de altura, con el tronco recto, cilíndrico, suave, esponjoso-fibroso suelto, jugoso, hueco, de color gris o café grisáceo, de 10-30 cm de diámetro.

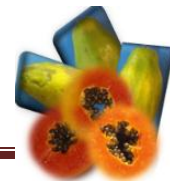


Tabla 2. Descripción morfológica del papayo (Continuación).

PARTE DE LA PLANTA	DESCRIPCIÓN
<p>FLORES</p> <div data-bbox="224 472 402 630"> </div> <p data-bbox="248 646 375 716">Flor femenina</p> <div data-bbox="224 840 402 997"> </div> <p data-bbox="248 1014 375 1083">Flor Masculina</p>	<p>Flores femeninas tienen un cáliz formado por una corona o estrella de cinco puntas muy pronunciada y fácil de distinguir. Encima de éste se encuentra el ovario, cubierto por los sépalos; éstos son cinco, de color blanco amarillo, y cuando muy tiernos, ligeramente tocados de violeta en la punta; no están soldados. Los frutos de este pie son grandes y globosos.</p> <p>Flores hermafroditas tienen los dos sexos y el árbol que las posee tiene a su vez tres clases de flores diferentes. Una llamada pentandria, parecida a la flor femenina, pero al separar los pétalos se aprecian cinco estambres y el ovario es lobulado. Los frutos de esta flor son globosos y lobulados. Otro tipo de flor es la llamada elongata y tiene diez estambres, colocados en dos tandas; la flor es alargada y de forma cilíndrica, al igual que el ovario, dando frutos alargados. El último tipo de flor es la intermedia o irregular, no es una flor bien constituida, formando frutos deformes.</p> <p>Flores masculinas crecen en largos pedúnculos de más de medio metro de longitud y en cuyos extremos se encuentran racimos constituidos por 15 - 20 florecillas. Estas flores no dan frutos, pero si lo hacen son alargados y de poca calidad.</p>
<p>HOJAS</p> <div data-bbox="224 1207 402 1396"> </div>	<p>Hojas: Alternas, aglomeradas en el ápice del tronco y ramas, de pecíolo largo; ampliamente patentes, de 25-75 cm de diámetro, lisas, más o menos profundamente palmeadas con venas medias robustas, irradiantes. El haz de la hoja es de color verde oscuro o verde amarillo, brillante, marcado en forma visible por las nerviaduras hundidas de color blanco amarillento y las venas reticuladas.</p>

Fuente: CANALAGRO (2012), Fundación de Desarrollo Agropecuario (1998).

1.1.3 VARIEDADES

Debido a que el papayo se reproduce por semilla, se han desarrollado un gran número de variedades, empleándose en cada zona de cultivo las mejor adaptadas a sus condiciones climatológicas. Las variedades mestizas son poco estables, y se recomienda tener cuidado en obtener semillas de progenitores que pertenezcan a la misma variedad. Destacan las variedades 'Solo', 'maradol', 'sunrise', 'vista solo', 'kapoho' y 'red lady', (Tabla 3) (INFOAGRO, 2012).

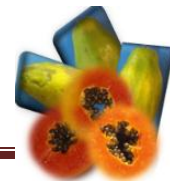





Tabla 3. Principales variedades de papayas.

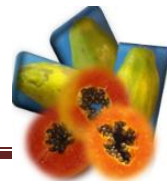
VARIEDAD	CARACTERÍSTICAS	PROCEDENCIA
Maradol 	Su floración inicia aproximadamente a los 3 meses de trasplantada y su cosecha alrededor de 7 meses después del trasplante. El exterior de las frutas es amarillo-anaranjado brillante, su interior es un intenso rojo salmón. Azúcares alrededor de 12 °Brix, sabor exquisito, su pulpa tiene excelente consistencia el peso promedio de los frutos es de 1.5 a 2.6 kg, prevalecen los frutos alargados (hermafroditas).	Del sur de México hasta Costa Rica
Solo 	El fruto de plantas hermafroditas, pesa unos 450 g; la forma es de pera, la cáscara dura y el sabor dulce. Tipos: Sunset : fruta muy dulce; Waimanalo : su cavidad tiene forma de estrella, produce frutas que resaltan por su firmeza, excelente sabor y calidad. Sunrise : Pulpa roja-naranja, con alto contenido de azúcar, calidad similar al tipo solo, es la principal variedad comercial en el mercado internacional. Kapoho : Pulpa amarilla-naranja es la de mayor producción en Hawái	Hawái
Red Lady 	Es un híbrido de producción temprana y vigorosa, es tolerante al virus de la mancha anular de la papaya, sus frutos comienzan a una altura de 80 cm y normalmente tiene cerca de 30 frutas por planta en cada temporada.	_____

Fuente: INFOAGRO (2012); Perfil Mercado de Papaya (2012); Diagnóstico de la Papaya Maradol (2012).

1.1.4 IMPORTANCIA ECONÓMICA

Este frutal se desarrolla en casi todas las áreas tropicales del mundo (Figura 2), en la distribución de los puntos con una mayor densidad se encuentran México y Centro América (FAO, 2012).

Los principales países productores de este cultivo son la India, Brasil y México. Para el año 2010, la producción mundial se estimó en cerca de 11.22 millones de toneladas (FAOSTAT 2012). Asia es la región que lidera la producción de papaya a nivel mundial con 52.2% del total; le siguen Suramérica (23%), África (13.16%) y Oceanía (0.12%). Los países que lideran la producción mundial de papaya son India, Brasil, Indonesia, Nigeria y México. Sumados la India y Brasil concentraron el 55% de la producción mundial de papaya durante



el período 2008–2010. México se erige como el principal exportador de papaya y los Estados Unidos como el principal importador de la fruta en el mundo (Evans *et al.*, 2012).



Figura 2. Distribución de la familia caricaceae en el mundo.
Fuente: FAO (2012).

En México su distribución, por el lado del Golfo, va desde Tamaulipas hasta la Península de Yucatán; por el lado del Pacífico se le encuentra desde Baja California hasta Chiapas. Se le localiza desde el nivel del mar hasta 1,000 (1,500) metros (CONABIO, 2012b).

El cultivo de la papaya Maradol de acuerdo con la clasificación de INEGI (Figura 3), las regiones del país se integra de la siguiente forma (SIAP, 2012d):

Centro: Distrito Federal, Hidalgo, México, Morelos, Puebla y Tlaxcala.

Centro Occidente: Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán de Ocampo, Nayarit, Querétaro de Arteaga, San Luis Potosí y Zacatecas.

Noreste: Chihuahua, Coahuila de Zaragoza, Durango, Nuevo León y Tamaulipas.

Noroeste: Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa.

Sureste: Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quinta Roo, Tabasco, Veracruz-Llave y Yucatán.

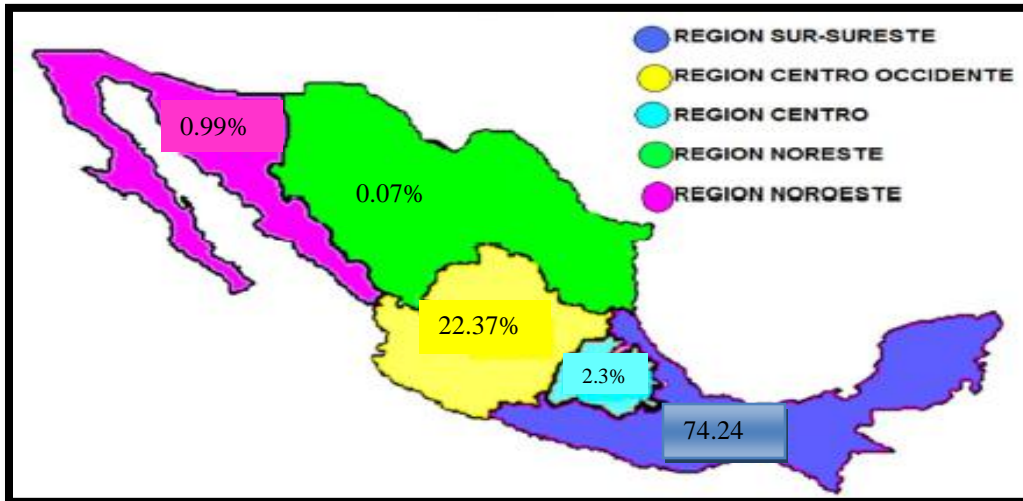
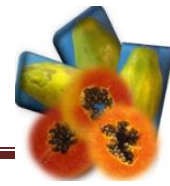


Figura 3. Regiones productoras de papaya, 2012.
Fuente: Tomado de SIAP (2012d) y modificado de SIAP (2013b).

La producción de los principales estados productores de papaya en México en 2011, corresponde a Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Michoacán (Figura 4), siendo Veracruz el principal estado productor de papaya y lógicamente corresponde al de mayor superficie cosechada, no así en producción donde Oaxaca que siembra y cosecha aproximadamente la mitad en comparación con Veracruz su producción y valor supera por 25.58%, lo que coloca a Oaxaca como el estado con mayores valor de producción (SIAP, 2012b).

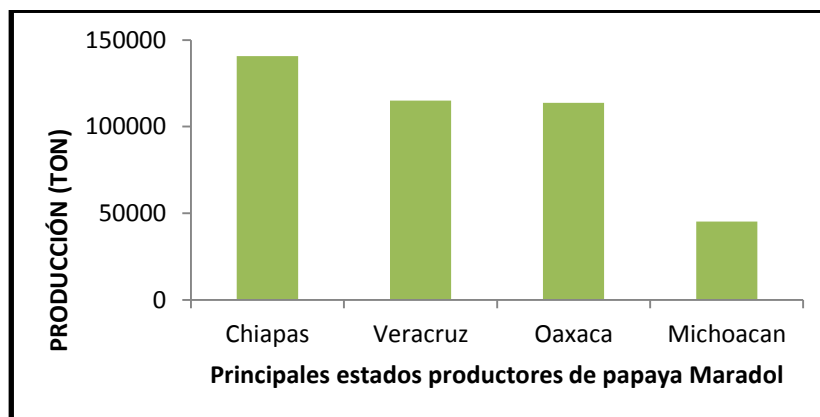
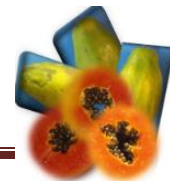


Figura 4. Principales estados productores de papaya 'Maradol' en México, producción 2012.
Fuente: SIAP (2012b).

México continúa con el primer lugar en exportación de papaya a los Estados Unidos al tener como ventaja competitiva la cercanía geográfica que existe entre estos dos países, seguido de Belice y Guatemala. México destina más del 90 % de sus exportaciones de



papaya fresca a los Estados Unidos, sólo el 10% de su producción total es exportada por lo tanto el 90% de su producción es para consumo de mercado nacional, En 2012 se enviaron al extranjero 5,548 contenedores de 40,000 lbs. En 2011 se enviaron 5,434 contenedores (Figura 5), teniendo una baja del 18.9% en comparación con 2009 y 16% menos que en 2010, baja que se vincula a los casos denunciados de *Salmonella agona*, relacionados con la exportación de papaya mexicana (PROPAPAYA, 2013).

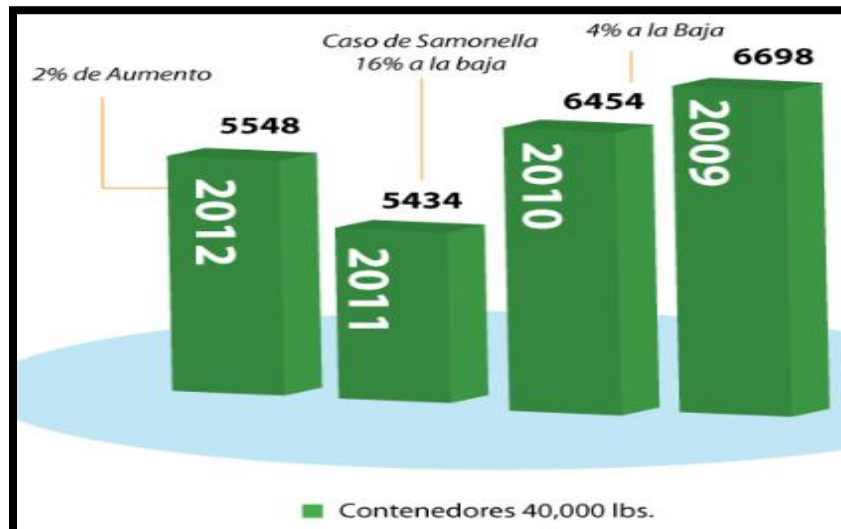


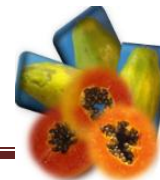
Figura 5. Exportación de papaya a los Estados Unidos de 2009 a 2012.
Fuente: PROPAPAYA (2013).

1.1.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL

La pulpa de la fruta puede ser consumida fresca (sin procesar), o preparada en dulces, jugos, helados, néctares, sirope, jalea, conservas, fruta seca dulce y fruta cristalizada (Fundación de Desarrollo Agropecuario, 1998).

La papaya es una gran fuente de enzimas proteolíticas, que son básicas en la digestión de los alimentos. Una de sus aportaciones más importantes es la papaína, que normalmente es medicada para tratar los trastornos digestivos menos graves como hinchazón y digestión crónica. También es una rica fuente de antioxidantes que el cuerpo necesita para luchar contra las células cancerígenas, los antioxidantes evitan que el colesterol se oxide, previniendo así ataques al corazón (PROPAPAYA, 2013).

Es una fuente valiosa de vitamina C, calcio y fósforo, no es una fuente importante de proteínas, grasas o calorías (Tabla 4). Se han encontrado diferencias significativas en la



composición del fruto dependiendo de la variedad, el lugar donde se producen y el manejo que reciben las plantas (Fundación de Desarrollo Agropecuario, 1998).

Tabla 4. Composición química de la papaya.

Componentes por porción comestible de cada 100g	
Calorías	23.1-25.8 g
Humedad	85.9-92.6 g
Proteínas	0.081-0.34 g
Grasas	0.05-1.3 g
Carbohidratos	6.17-6.75 g
Fibra cruda	0.5-1.3 g
Cenizas	0.31-0.66 g
Calcio	12.9-40.8 mg
Fósforo	5.3-22.0 mg
Hierro	0.25-0.78 mg
Caroteno	0.0045-0.676 mg
Tiamina	0.021-0.036 mg
Riboflavina	0.024-0.058 mg
Niacina	0.227-0.555 mg
Ácido ascórbico	35.5-71.3 mg
Triptófano	4-5 mg
Lisina	15-16 mg
Metionina	1 mg

Fuente: ASERCA (1999).

1.1.6 PÉRDIDAS POSTCOSECHAS

En la mayoría de las regiones en que se produce papaya, las enfermedades son el principal factor biológico limitante. A nivel mundial, las enfermedades causadas por virus son las más importantes en la producción de papaya, la mayoría de las enfermedades que atacan a la planta causan daños en las hojas, los pedúnculos y los tallos (Tabla 5). Las manchas y pudriciones del fruto causan pérdidas económicas cuantiosas al afectar su apariencia (Fundación de Desarrollo Agropecuario, 1998).

ANTECEDENTES

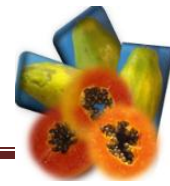






Tabla 5. Enfermedades y fisiopatías causantes de las principales pérdidas postcosecha en papaya.

ENFERMEDAD Y/O FISIOPATÍA	AGENTE CAUSAL	SÍNTOMA	CONTROL
<p>ANTRACNOSIS</p> 	<p><i>Colletotrichum gloesporioides</i></p>	<p>Las lesiones aparecen como pequeñas manchas superficiales café e infiltradas, de hasta 2.5 cm o más de diámetro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Inmersión del fruto en agua caliente (48 a 52 °C por 20 minutos). • Chorros de aire caliente (48-52 °C por 10 min) • Aplicación de fungicidas como propiconazol y cera para exportación. Benomyl, Carbendazim y tiabendazol.
<p>PUDRICIÓN TERMINAL NEGRA</p> 	<p><i>Phomacaricae -papayae</i></p>	<p>Lesiones que aparece en el área del pedicelo, la cual se vuelve de color café oscuro a negro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar fungicidas protectores a la plantación.
<p>PUDRICIÓN TERMINAL POR PHYTOPHTHORA</p> 	<p><i>Phytophthora nicotianae</i> var. parasitica</p>	<p>Comienza como áreas infiltradas seguidas por micelio blanco que se incrusta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los frutos cosechados pueden tratarse con agua caliente y una solución fungicida para inhibir el desarrollo de la enfermedad.
<p>PUDRICIÓN POR PHOMOPSIS</p> 	<p><i>Phomopsis caricae-papayae</i></p>	<p>Comienza en el extremo del pedicelo o en alguna herida en la cáscara, y puede desarrollarse rápidamente en frutos maduros; el tejido invadido se vuelve blando y se oscurece levemente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar fungicidas protectores a la plantación. • Evitar heridas al fruto. • Tratar el fruto cosechado con una solución fungicida.

ANTECEDENTES

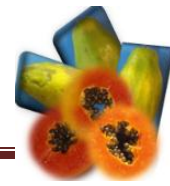




Tabla 5. Enfermedades y fisiopatías, causantes de las principales pérdidas postcosecha en papaya (Continuación).

ENFERMEDAD Y/O FISIOPATÍA	AGENTE CAUSANTE	SINTOMA	CONTROL
<p>Abrasiones en la cáscara</p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">Skin Abrasions</p>		<p>Resulta en una coloración manchada en forma de "islas verdes" (áreas de la cáscara que permanecen verdes y hundidas cuando el fruto está completamente maduro) y una deshidratación acelerada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El control es difícil depende de la variedad y las condiciones de clima y cultivo en que se ha desarrollado la plantación.

Fuente: Kader (2012) y Fundación de Desarrollo Agropecuario (1998).

En el cultivo de la papaya, el manejo de plagas es de suma importancia. Las plagas causan daños directos al disminuir el vigor y rendimiento de la planta, y/o reduciendo la calidad de la fruta. Además algunas plagas son transmisoras de enfermedades de tipo viral, o facilitan el ataque de microorganismos causantes de enfermedades (Tabla 6) (Fundación de Desarrollo Agropecuario 1998).

Tabla 6. Principales plagas causantes de pérdidas postcosecha.

PLAGA	DESCRIPCIÓN	CONTROL
<p>La mosca <i>(toxotrypana curvicauda)</i></p> 	<p>Es la plaga de daño más importante de la papaya. El adulto es una mosca es de unos 25 mm de largo de la cabeza al extremo del abdomen o cola, de color marrón-rojizo con bandas amarillentas, parecidas a una avispa. Son menos comunes en la época de lluvia y tienen una marcada preferencia por los frutos verdes.</p> <p>Utiliza la punta de su larga cola (ovopositor) para traspasar la masa de la fruta y deposita los huevos en la cavidad interna de los frutos en formación (5 a 7 cm de diámetro).</p>	<p>Trampas con atrayentes químicos o insecticidas. Algunas mezclas utilizadas son: 1. Malatión + proteína hidrolasa + agua + emulsificante. 2. Aceite de soja + insecticidas piretroides + agua. 3. Miel de abejas o melaza + agua + insecticida.</p>

ANTECEDENTES

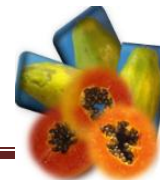


Tabla 6. Principales plagas causantes de pérdidas postcosecha (Continuación).

PLAGA	DESCRIPCIÓN	CONTROL
<p>El salta hojas (<i>empoaasca papayae</i>)</p> 	<p>Son insectos unos 3 mm de largo, de color verde, que chupan la sabia de la papaya en el envés de las hojas, inyectándole toxinas. Las hojas se quedan con aspecto moteado blanquecino y con cicatrices. Puede atacar los tallos de plantas jóvenes. Deposita sus huevos en las venas más grandes de las hojas.</p>	<p>Se emplean trampas con atrayentes químicos o insecticidas</p>
<p>Afidos y ácaros (varios géneros)</p> 	<p>Son insectos chupadores muy pequeños (menos de 1 mm de largo) de color amarillo, verdoso o negro.</p> <p>Los áfidos segregan sustancias azucaradas que pueden atraer a otros insectos y facilitan el crecimiento de hongos oscuros sobre la superficie de la planta. Entre los virus que es capaz de transmitir es el de la mancha anular.</p>	<p>Insecticidas a base de pirimicarto o con malatión, permetrina, pirelina, o jabones insecticidas.</p>

Fuente: Fundación de Desarrollo Agropecuario (1998).

1.1.7 PROBLEMAS POR INOCUIDAD

Las enfermedades transmitidas por los alimentos suponen una importante carga para la salud. Millones de personas enferman y muchas mueren por consumir alimentos insalubres (OMS, 2013).

De los aproximadamente 1 500 millones de casos de diarrea que ocurren anualmente en el mundo, se estima que el 70% son el resultado directo de la contaminación química o biológica que presentan algunos de los alimentos que se comercializan (OMS, 1998).

La incidencia de enfermedades infecciosas como la salmonelosis, la campilobacteriosis y las infecciones causadas por *Escherichia coli* 0157:H7 asociadas a la contaminación de los alimentos está aumentando en los países industrializados. Los estudios de la OMS indican que, en esos países, entre el 5 y el 10 % de la población se ve afectada anualmente por las mencionadas patologías. Cada año, los siete principales patógenos que suelen encontrarse en los alimentos (*Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*, *E. coli* 0157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* y *Toxoplasmodium gondii*) (OMS, 1997). La Tabla 7 muestra registros de patógenos en frutas y derivados.

ANTECEDENTES

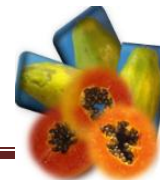


Tabla 7. Patógenos registrados en frutas

Patógeno	Producto	País	Incidencia*	Comentarios	Referencia
<i>L. monocytogenes</i>	Varios jugos	EEUU	2/50	Jugos de manzana y una mezcla de manzana y frambuesa no pasturizados	Sado <i>et al.</i> (1998)
<i>Salmonella</i>	Melón (<i>Cantaloupe</i>)	Varios	8/151	Productos importados de 9 países a los Estados Unidos.	FDA (2001).
<i>Salmonella</i>	Naranja / mandarina	EEUU	0/336		Pao Brown, (1998).
<i>Salmonella</i>	Fresas	Varios	1/141	Producto importado de 5 países a los Estados Unidos.	FDA (2001)
<i>Salmonella</i> (8 serovares)	Melón <i>Cantaloupe</i>	México	11/1440	Estudio de importación FDA entre marzo y abril de 1990	Madden (1992).
<i>Salmonella</i> (12 serovares)	Melón <i>Cantaloupe</i>	México	24/2220	Estudio de importación FDA entre noviembre de 1990 hasta enero de 1991.	Madden (1992).
<i>Shigela</i>	Melón <i>Cantaloupe</i>	Varios	3/151	Productos importados de 9 países a los Estados Unidos.	FDA (2001).
<i>Salmonella</i>	Papaya	EEUU		Producto importado de México.	FDA (2011).
<i>Salmonella</i>	Mango	EEUU		Producto importado de México.	FDA (2012).

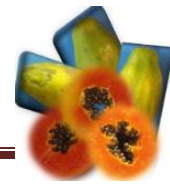
*número de veces encontrada en un total de muestras.

Fuente: Tomado de Tapia *et al.* (2005) y FDA (2011, 2012).

1.2 SALMONELLA

El género *Salmonella* fue descrito a principios del siglo XX por el bacteriólogo estadounidense Theobald Smith, recibiendo el nombre por su jefe David Salmon (Calva, 2012). *Salmonella* es un bacilo Gram negativo que se comporta como patógeno intracelular facultativo (Figura 6), se divide en dos especies *Salmonella bongori* y *Salmonella enterica*, tomando en cuenta sus características bioquímicas generales. Esta última se subdivide en seis subespecies: *entérica*, *salamae*, *arizonae*, *diarizonae*, *indica* y *houtenae*; las *salmonellas* de mayor importancia médica pertenecen a las subespecies *entérica* y *arizonae* y son consideradas serovars. Por lo que la nomenclatura que se está manejando actualmente

ANTECEDENTES



es *Salmonella entérica* serovar *typhi*, *S. entérica* serovar *paratyphi*, *S. entérica* serovar *typhimurium* (Clarke y Gyles, 1993; Lucas *et al.*, 2004; McClelland *et al.*, 2004; McClelland *et al.*, 2001).

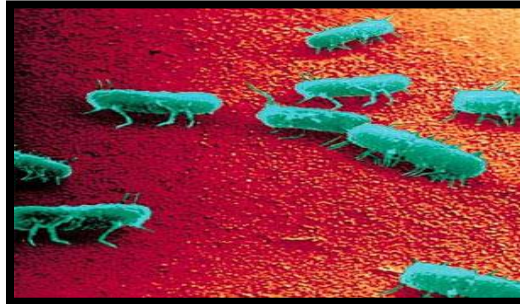


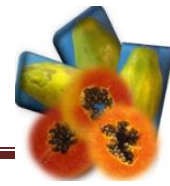
Figura 6. *Salmonella*
Fuente: Science Daily (2011)

Según el esquema clásico de Kauffman-White, las salmonellas se clasifican en más de 2,500 serotipos, que pueden ser móviles o inmóviles. Hay situaciones epidemiológicas en las que es preciso afinar aún más la diferenciación dentro del serotipo correspondiente, para tal fin se utiliza la fago tipificación, sobre todo para las cepas causantes de epidemias en el hombre (Clarke y Gyles, 1993; Rabsch *et al.*, 2002).

Uno de los patógenos entéricos más frecuentes tanto en países desarrollados como subdesarrollados es *Salmonella* spp, la cual dependiendo de su especie, tamaño del inóculo, factores de virulencia expresados por la cepa, hospedero involucrado, estado inmunológico del paciente e intervención médica puede ocasionar desde una infección gastrointestinal media a severa hasta una infección sistémica que compromete la vida del paciente (Hansen *et al.*, 2002; Jones, 1996; McClelland *et al.*, 2001).

La salmonelosis es una infección de importancia tanto en salud pública como en salud animal debido al impacto económico que ocasiona; es una enfermedad aguda, de distribución mundial, transmitida por los alimentos. Se estima que se presentan más de 16 millones de casos de fiebre tifoidea por año con aproximadamente 6,000,000 casos fatales y 1,300 millones de casos de gastroenteritis con una mortalidad que alcanza los 3 millones (Hansen *et al.*, 2002; Jones, 1996; McClelland *et al.*, 2001).

En México en 1998 se notificaron 215,155 casos de salmonelosis siendo los estados más afectados Tabasco, Coahuila, Chiapas y Quintana Roo (SSA, 1998; Gutiérrez *et al.*, 2000).



1.2.1 MECANISMOS DE ADHERENCIA

La supervivencia de un microorganismo en un nicho determinado depende de su habilidad para adherirse, las adhesinas de la bacteria tienen una estructura que les permite reconocer moléculas presentes en las células del hospedero llamadas receptores, con una estereoquímica específica. Esta unión determina los hospederos y el organotropismo de las bacterias; además, las adhesinas tienen la capacidad de activar a los linfocitos B y neutrófilos, lo que resulta en una variedad de respuestas biológicas incluyendo proliferación celular y secreción de citosinas (Hultgren *et al.*, 1996; Edwards y Stanley, 2000).

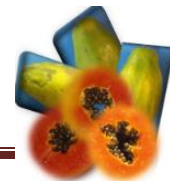
En las bacterias, se puede encontrar una amplia variedad de adhesinas, las cuales se dividen en dos grandes grupos: adhesinas fimbriales y adhesinas afimbriales, como la hemaglutinina filamentosa de *Bordetella pertussis* y el antígeno pH6 de *Yersinia pestis*, AfaD, AfaE en *E. coli* y proteína M de *Streptococcus*. En general, las adhesinas de bacterias Gram negativas son: fimbria, fibrilla, flagelo, lipopolisacárido (LPS) y cápsula.

La presencia de cápsula y flagelo en *Salmonella* depende de la especie en cuestión, solamente *S. entérica* serovar *typhi*, *S. entérica* serovar *paratyphi* C y *S. enterica* serovar Dublin presentan cápsula y todas las *salmonellas* se consideran móviles a excepción de *S. entérica* serovar Gallinarum. Estudios recientes muestran que *S. enterica* serovar pullorum tiene motilidad en agar semisólido o en agar Hektöen incluso en estudios de microscopía electrónica se ha observado un flagelo pequeño y deformado (Humphries *et al.*, 2001).

1.2.2 MECANISMOS DE INVASIÓN

Después de la ingestión de agua y alimento contaminado, *Salmonella* inicia su ciclo de infección invadiendo al hospedero a través de tejido linfoide, incluyendo las placas de Peyer y tonsilas cecales en las aves. Se adhiere apicalmente a las células epiteliales del íleon y a las células M que debido a la ausencia del borde de cepillo así como de glicocalix, representan una puerta de entrada ideal para las enterobacterias (Galán y Sansonetti, 1996; Jensen *et al.*, 1998; Jepson y Clark, 1998; Kernéis *et al.*, 1997; Siebers y Finlay, 1996 y Zhang-Barber *et al.*, 1999).

Muchos microorganismos patógenos son capaces de entrar y sobrevivir dentro de las células eucarióticas, *Salmonella* dirige su arribo a células hospederas que no son normalmente fagocíticas como la superficie de la capa mucosa de células epiteliales.



Presumiblemente, esta técnica de invasión asegura un nicho celular protegido para que el microbio se replique o persista (Galán y Sansonetti, 1996; Jensen *et al.*, 1998; Jepson y Clark, 1998; Kernéis *et al.*, 1997; Siebers y Finlay, 1996 y Zhang-Barber *et al.*, 1999).

1.2.3 MECANISMOS DE PATOGENICIDAD

Los mecanismos de patogenicidad con que *Salmonella* induce diarrea y septicemia no han sido descritos detalladamente, parece ser un fenómeno complejo que involucra diversos factores de virulencia. Se ha demostrado la presencia de enterotoxina en *S. entérica* serovar typhimurium y *S. entérica* serovar typhi similar a las enterotoxinas de *Vibrio cholerae* (CT) y toxina termolábil (LT) de *E. coli* (Balcázar, 1993; Verdugo-Rodríguez *et al.*, 1994).

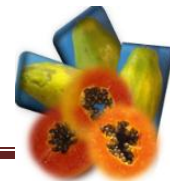
Balcázar (1993) amplificó un fragmento del gen que hemos denominado eltA-like, en *S. entérica* serovar Gallinarum, que presenta secuencia nucleotídica homóloga con un fragmento del gen eltA de ETEC en un 95% y con el gen ctxA de *V. cholerae* en un 83% (Verdugo-Rodríguez *et al.*, 1994).

Los síntomas agudos son: náuseas, vómitos, calambres abdominales, diarrea terminal, fiebre y dolor de cabeza. El tiempo de latencia 6-48 horas. Dosis infectiva, tan solo de 15-20 células, depende de la edad y la salud de acogida. Los síntomas agudos pueden durar de 1 a 2 días o se pueden prolongar (FDA, 2012b).

1.2.4 DIAGNÓSTICO, TRATAMIENTO Y PREVENCIÓN

El diagnóstico de una infección por *S. typhi* se realiza a través del aislamiento de la bacteria de sangre, heces, orina, aspirado de médula ósea y bilis. Estas pruebas tardan dos a tres días en aportar los resultados, pues la muestra se diluye en un medio de cultivo y, dado que se estima que un paciente con fiebre tifoidea presenta, por ejemplo, 20 bacterias o menos por ml de sangre, se requiere esperar a que se multiplique lo suficiente para ser observada por turbidez del medio. El cultivo de la sangre es el método más frecuentemente usado para un diagnóstico preciso, aunque su sensibilidad no es más del 90%, incluso cuando se toman tres muestras consecutivas. El cultivo de aspirado de médula ósea es más sensible, el procedimiento de extracción del aspirado es delicado y doloroso (Calva, 2012).

La fiebre tifoidea se trata con antibióticos, los regímenes típicos incluyen amoxicilina, cotrimoxazol y cloranfenicol. Sin embargo, desafortunadamente, la emergencia de cepas



con resistencia múltiple a antibióticos se está convirtiendo en un problema global serio. Algunas de las regiones donde estas cepas resistentes se han multiplicado incluyen el subcontinente Indio, Vietnam, Latinoamérica, y Egipto. A pesar de estas cepas resistentes, el cloranfenicol sigue siendo el antibiótico de elección, por su capacidad de infiltración en los tejidos. Las cefalosporinas y quinolonas de tercera generación, constituyen alternativas interesantes (Calva, 2012).

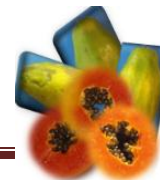
Las vacunas principales contra la fiebre tifoidea son la oral Ty21a y la parenteral del polisacárido VI. Ambas proveen una protección hasta del 65-70%, con una inmunidad de 3 a 7 años. Es interesante que la Ty21a es una cepa atenuada por mutagénesis química, por lo que tiene múltiples mutaciones, de las cuales se desconoce las que determinan la atenuación. Ciertamente, una mejor comprensión de los mecanismos básicos, a nivel molecular y celular, de la interacción bacteria-hospedante, permitirá la generación de cepas atenuadas en los genes clave, para obtener el balance apropiado entre la capacidad de generar una respuesta inmune y la atenuación que evite una infección virulenta. De la misma manera, la mejor caracterización de antígenos relevantes durante la fiebre tifoidea, deberá permitir el diseño de mejores vacunas parenterales (Calva, 2012).

1.3 TRATAMIENTOS POSTCOSECHA PARA CONSERVACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE PAPAYA

La conservación para la comercialización de fruta se puede llevar a cabo controlando el retraso de la actividad microbiana, esto se realiza al mantener los frutos en asepsia, obstaculizando el crecimiento de microorganismos por bajas temperaturas, desecación y destruyendo los microorganismos por calor, así también se puede retrasar la auto descomposición a través de destruir las enzimas por escaldado, retrasando las reacciones químicas por ejemplo evitando la oxidación, o bien previniendo las alteraciones ocasionadas por insectos, roedores o causas mecánicas: A través de la fumigación, manipulación cuidadosa, envasado correcto, almacenamiento en locales a prueba de insectos y roedores (Cardona *et al.*, 2006).

Actualmente se están aplicando tecnologías como la irradiación gamma, así como la irradiación con luz ultravioleta, por su efectividad, además de tener la ventaja de no dejar residuos en los alimentos, y es aceptable como tratamientos para exportación.

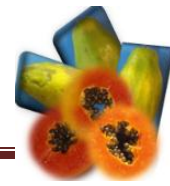
ANTECEDENTES



En la Tabla 8 se enlistan algunos de los principales tratamientos postcosecha tradicionales de uso común para la conservación y comercialización de papaya.

Tabla 8. Tratamientos postcosecha de uso común para conservación y comercialización de papaya

TRATAMIENTO	CONDICIÓN/PRINCIPIO	EFECTO	REFERENCIA
TEMPERATURAS BAJAS	La refrigeración tiene varias ventajas. como es la reducción en la velocidad metabólica del alimento: reduce la síntesis y acción del etileno: incrementa la resistencia de los vegetales a la acción del etileno y controla varios insectos y microorganismos 13°C para papayas verdes (maduras) a ¼ amarillas 10°C para papayas parcialmente maduras (¼ a ½ amarillas) 7°C para papayas maduras (>½ amarillas)	<ul style="list-style-type: none"> • Previene abrasiones en piel • Alarga la vida de anaquel. • Permite su distribución a nivel nacional como internacional. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kader (2012).
	HIDROTÉRMICO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ se sumergen durante 20 minutos en agua a 46-50 °C con circulación vigorosa. Otro tratamiento que se ha probado es el llamado “de doble inmersión”, en el cual las frutas son tratadas en agua a 42 °C durante 40 minutos y luego son sumergidas en agua a 49 °C durante otros 20 minutos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Control de insectos
TRATAMIENTOS QUÍMICOS		Aplicaciones de fungicidas, tales como Tiabendazoles (TBZ).	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Control de plagas y enfermedades



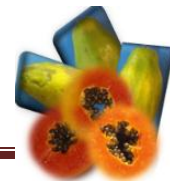
1.3.1 ALTAS TEMPERATURAS

Las altas temperaturas son muy eficaces para el control de enfermedades e insectos. Además los tratamientos térmicos muestran efectos muy positivos para incrementar la resistencia de varios frutos al daño por frío. El calor puede aplicarse de diferentes formas como es el agua caliente, vapor caliente o aire seco caliente. El sistema más utilizado actualmente es el agua caliente, que se aplica en diferentes frutos para el control de insectos y enfermedades (Yahia y Ariza, 2001).

La técnica de inmersión en agua caliente es más eficaz que el aire caliente, debido al alto factor de transferencia de calor y es más fácil mantener una temperatura uniforme. Agua a temperatura de 48 a 55°C por periodos de 3 a 15 min son eficaces para el control de varias enfermedades. Sistemas cuarentenarios utilizando agua caliente se han desarrollado para plátano (banano), carambola, litchi, guayaba, mango y papaya. Agua a temperatura de 46.1°C por 65, 75 ó 90 min (dependiendo del peso de la fruta) es utilizada en diferentes países como sistema cuarentenario para el control de insectos en mango. Este sistema se desarrolló en México en 1988 y se extendió posteriormente a otros países. El vapor de agua es también utilizado, en menor escala comparando con el agua caliente. El vapor de agua se utilizó en EUA en 1929 como un sistema cuarentenario para el control de la mosca del Mediterráneo y en 1932 para el control de la mosca mexicana (*Anastrepha Izidens*) (Yahia y Ariza, 2001).

Algunos tratamientos cuarentenarios aprobados incluyen: 43.3-43.7°C por 5 horas en toronja 'Marsh'. 44.4°C por 8.75 hrs en chile morrón. berenjena. papaya. piña (que no sea 'Smooth Cayene'), tomate o calabacita. El vapor de agua a 43.3-43.7°C por 5 horas es autorizado como un sistema cuarentenario para el control de la mosca del Caribe (*A. sunspensa*) en toronja 'Marsh'. El vapor de agua a 43.5°C por 4.25 hrs es autorizado para el control de la mosca del mediterráneo, la mosca oriental (*Dacus dorsalis*) o la mosca del melón (*Dacus citcurbitae*). En Colombia, la pitaya exportada a Japón es tratada con vapor caliente a 46°C y 95% de humedad relativa por 20 min (Yahia y Ariza, 2001).

Tratamientos con aire caliente forzado a baja humedad relativa (50±10%) han sido desarrollados como tratamientos cuarentenarios para papaya. La ventaja de estos tratamientos es que logran un menor condensación de agua y por tanto mejor calidad del fruto (Yahia y Ariza, 2001).



El uso de tratamientos a altas temperaturas debe ser utilizado sólo para productos tolerantes al calor. Varios productos son sensibles al calor y fácilmente pueden desarrollar daños. Normalmente en forma de escaldado. El tamaño, forma y estado de madurez del fruto son factores muy importantes a considerar cuando se aplican los tratamientos térmicos, ya que estos determinan la eficacia del control de insectos y la sensibilidad tolerancia del fruto al calor. Los frutos deben de ser clasificados por tamaño, peso y estado de madurez antes de aplicar el tratamiento (Yahia y Ariza, 2001).

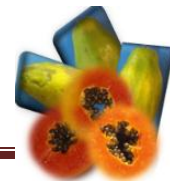
1.3.2 IRRADIACIONES

La irradiación de los alimentos ha sido identificada como una tecnología segura para reducir el riesgo de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA), en la producción, procesamiento, manipulación y preparación de alimentos de alta calidad. Es a su vez, una herramienta que sirve como complemento a otros métodos para garantizar la seguridad y aumentar la vida en anaquel de los alimentos. La presencia de bacterias patógenas como la *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* o *Yersinia enterocolitica*, son un problema de creciente preocupación para las autoridades de salud pública, que puede reducirse o eliminarse con el empleo de esta técnica (Narvaiz, 2000).

1.3.3 RADIACIONES ELECTROMAGNETICAS (REM)

Los campos eléctrico (CE) y magnético (CM) no son independientes: su naturaleza propia y el modo en que se relacionan están dados por un sistema de cuatro ecuaciones diferenciales parciales en el espacio y el tiempo: las ecuaciones de Maxwell. Éstas involucran dos funciones que caracterizan la interacción de los materiales con los campos electromagnéticos (CEM): la permitividad eléctrica (ϵ) y la permeabilidad magnética (μ). Además, aparecen en ellas una función escalar, la densidad de carga eléctrica, y una vectorial, la densidad de corriente, dado que las ecuaciones resueltas para el CE (o el CM) arrojan una ecuación de onda, se habla de ondas electromagnéticas. Éstas se caracterizan por una frecuencia (f) y una longitud de onda (λ) relacionadas por la velocidad, que en el vacío es c , de aproximadamente 3×10^8 m/s, según: $c = f\lambda$. Es importante notar que dado que c es una constante, al fijar f se fija λ . Al conjunto de todas las frecuencias, desde las casi nulas hasta del máximo orden observado de 10^{22} Hz, se llama espectro electromagnético (Bioingeniería, 2009).

ANTECEDENTES



La forma más conocida de energía electromagnética es la luz del sol, la frecuencia de la luz solar (luz visible) es la línea divisoria entre la radiación ionizante (rayos x, rayos cósmicos), más potente y de frecuencias más altas, y la radiación no ionizante, más benigna y de frecuencias más bajas (Figura 7). Hay un espectro de radiación no ionizante, en el extremo superior, justo por debajo de la luz visible, está la radiación infrarroja (ISPCH, 2013).

Más abajo se encuentra la amplia gama de radiofrecuencias, que incluye (en orden descendente) las microondas, la radio celular, la televisión, la radio FM y AM, las ondas cortas utilizadas en calentadores dieléctricos y de inducción y, en el extremo inferior, los campos con frecuencia de red eléctrica (ISPCH, 2013).

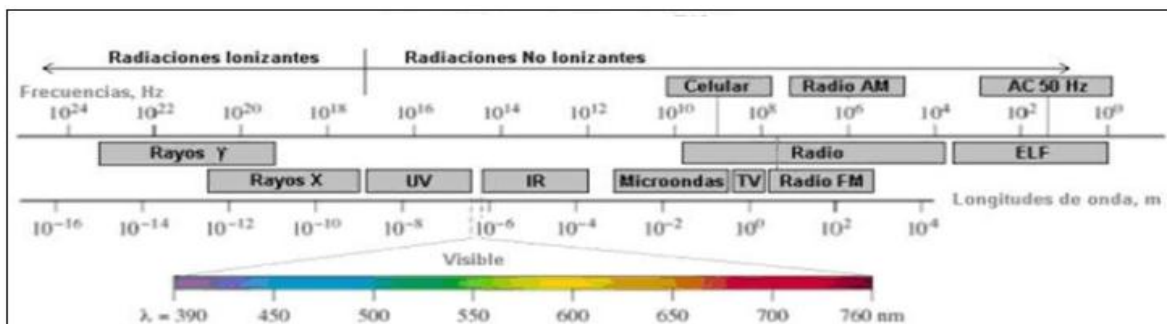


Figura 7. Espectro electromagnético.
Fuente: ISPCH (2013).

1.3.4 TIPOS DE IRRADIACIÓN

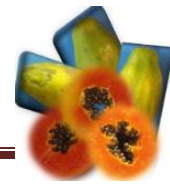
Existen múltiples fuentes naturales y artificiales que generan energía en forma de ondas electromagnéticas. Estas ondas consisten en campos eléctricos y magnéticos oscilatorios que son capaces de interactuar de formas diferentes con los sistemas biológicos, incluidos los seres humanos (Bioingeniería, 2009).

Una onda electro magnética consiste en pequeños paquetes de energía denominados fotones. La energía de cada fotón es directamente proporcional a la frecuencia de la onda: cuanto mayor es la frecuencia, mayor es la cantidad de energía de dicho fotón. La forma en que las ondas electromagnéticas afectan a los sistemas biológicos viene determinada por la intensidad del campo y la cantidad de energía de cada fotón (Bioingeniería, 2009).

Los efectos biológicos de la radiación electromagnética pueden clasificarse en ionizantes y no ionizantes (Tabla 9) (Bioingeniería, 2009).

Existen dos tipos de radiación ionizante, una de naturaleza electromagnética (rayos X, rayos gamma) y otra, constituida por partículas (alfa, beta, neutrones, etc.). Las radiaciones

ANTECEDENTES



electromagnéticas de menor frecuencia que la necesaria para producir ionización, como lo son, la radiación ultravioleta (UV), visible, infrarroja (IR), microondas y radiofrecuencias, hasta los campos de frecuencia extremadamente baja (EBF), comprenden la región del espectro conocida como radiación no ionizante (ISPCH, 2013).

Tabla 9. Clasificación de los tipos de irradiación

RADIACIONES		
IONIZANTE		NO IONIZANTE
Partículas con masa	*REM	REM
Alfa	*Rayos Gamma	Campos estáticos
Beta	*Rayos X	Ondas de EBF
Neutros		Ondas de MBF
Otros		Ondas de RF
		Microondas
		Infrarrojo
		Luz Visible
		Ultravioleta

REM: radiación electromagnética, EBF: Extremadamente baja frecuencia, MBF: Muy baja frecuencia, RF: Radio frecuencia.

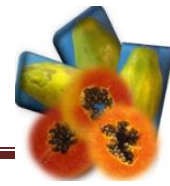
Fuente: Bioingeniería (2009).

1.3.4.1 RADIACIÓN NO IONIZANTE

La radiación no ionizante (RNI) engloba toda la radiación y los campos del espectro electromagnético que no tienen suficiente energía para ionizar la materia. Es decir, la RNI es incapaz de impartir suficiente energía a una molécula o un átomo para alterar su estructura quitándole uno o más electrones. La división entre la RNI y la radiación ionizante suele establecerse en una longitud de onda de 100 nanómetros aproximadamente (Hansson, 1980).

Muchos microbios que tienen un sistema metabólico funcional tienen varios mecanismos de reparación de los ácidos nucleicos dañados. El mecanismo de reparación que es único a la desinfección UV es el de fotoreactivación. La fotodimerización de tiaminas adyacentes resultantes de la absorción UV de los ácidos nucleicos puede ser invertida por una enzima fotoreactivada que usa luz entre 300 y 500 nm para activar la partición del dímero. Otras transformaciones inducidas por UV en los ácidos nucleicos incluyendo dímeros que se componen de citosina no pueden ser reparados excepto por mecanismo de reparación oscuro en el cual segmentos enteros de ácido nucleico son extraídos y el segmento

ANTECEDENTES



complementario sin dañar es usado como molde para reparar y reemplazar el segmento dañado (Jagger, 1967).

Las RNI se dividen en regiones que a su vez se subdividen por razones prácticas en otras regiones. Los rangos de estas divisiones no necesariamente son exactos y por diversas razones y según el propósito de esa definición, diferentes grupos internacionales de trabajo podrán diferir ligeramente con esa subdivisión. En la figura 8 se presenta una clasificación de las RNI, en el cual por norma, se usa para el grupo de las radiaciones ópticas (RO) las unidades de nanómetros y para los campos electro magnéticos (CEM) las unidades de Hertzios (bioingeniería, 2009).

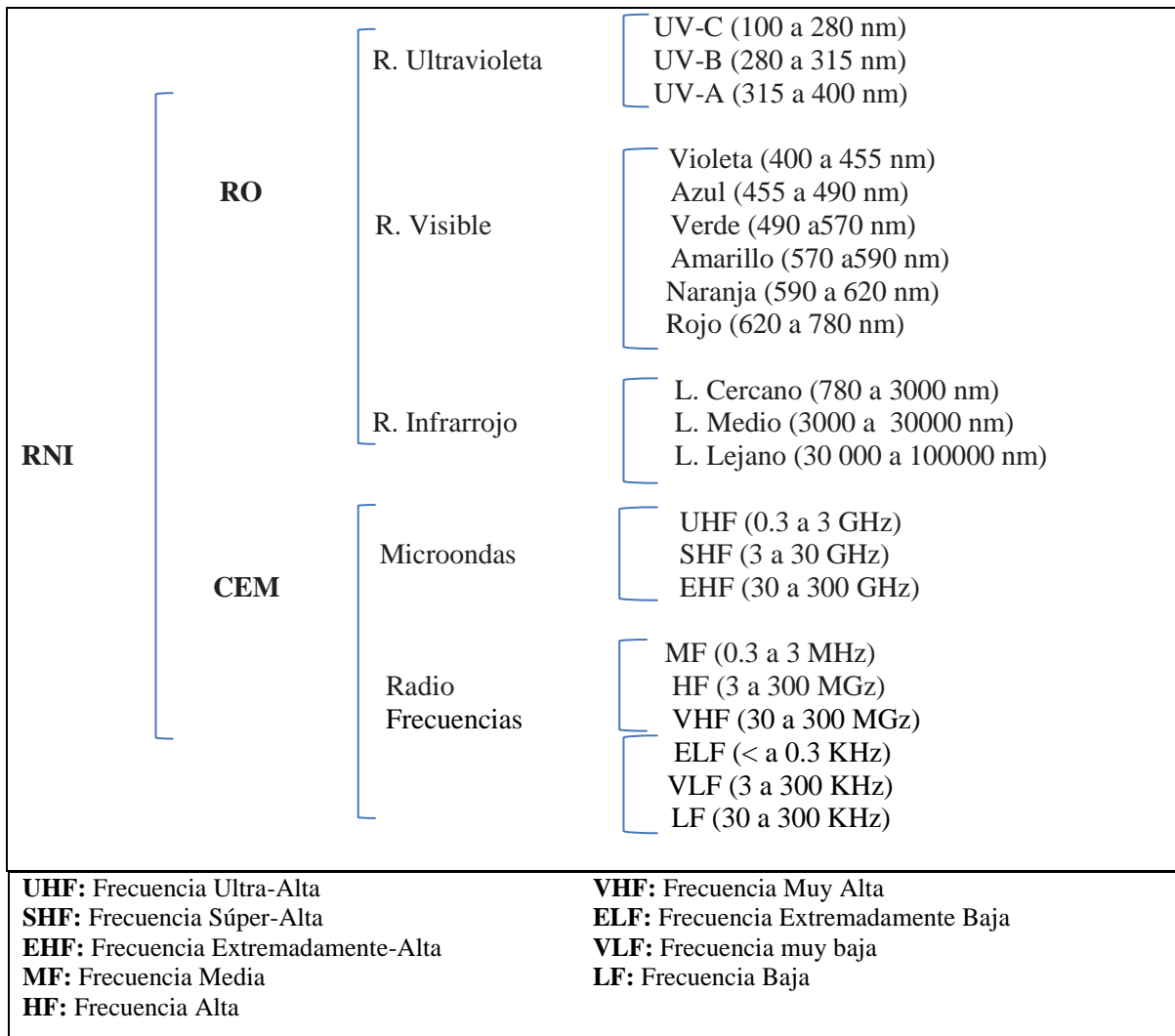
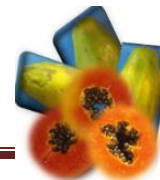


Figura 8. Clasificación de las radiaciones no ionizantes.
Fuente: Bioingeniería (2009).



IRRADIACIÓN ULTRA VIOLETA (UV-C)

La luz ultravioleta es una radiación no ionizante con una longitud de onda de 100 a 400 nm; se clasifica en tres tipos: UV-A (315-400 nm), UV-B (280-315 nm) y UV-C (200-280 nm).

La irradiación UV-C tiene su máximo pico de emisión a 254 nm y se ha comprobado que es en esta longitud de onda donde presenta su mayor acción germicida, por lo que ha sido ampliamente estudiada en varios tejidos vegetales (Artés y Allende, 2005).

El tiempo de aplicación de UV-C oscila entre 1 y 5 min, periodo que no incrementa significativamente la temperatura del tejido (1-3 °C), ni produce alteraciones o favorece los procesos deteriorativos del producto. Una ventaja es que no deja residuos y no afecta las características sensoriales (sabor y aroma) del producto. La sensibilidad de los tejidos al tratamiento con UV-C difiere en función del genotipo, y en ocasiones las dosis altas pueden favorecer la oxidación de compuestos bioactivos del fruto, como vitamina C, carotenos y fenoles, así como el oscurecimiento superficial del tejido (González-Aguilar *et al.*, 2001, 2006)

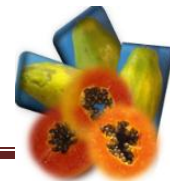
Debe tenerse en cuenta que los rayos directos de UV solo son eficaces, si proceden de reflectores especiales. En la Tabla 10 se describen los factores que influyen en la eficacia.

Tabla 10. Factores que influyen en la eficacia de los rayos ultravioleta.

FACTOR	DESCRIPCIÓN
TIEMPO	Cuanto mayor es el tiempo de exposición a una determinada dosis, tanto más eficaz es el tratamiento.
INTENSIDAD	<p>Dependerá de la potencia que existe entre la lámpara y el objeto, y el tipo de cantidad de partículas existentes en el recorrido de los rayos.</p> <p>La intensidad es inversamente proporcional a la distancia. La mayoría de la pruebas de eficacia se llevan a cabo a una distancia de 30.48 cm.</p> <p>La existencia de polvo ambiental, o sobre la lámpara disminuye su eficacia, al igual que la humedad relativa ambiental superior al 80%.</p>
PENETRACIÓN	<p>La constitución del objeto o material que es irradiado.</p> <p>La penetración de los rayos ultravioleta es reducida por las sales minerales disueltas y la turbidez, incluso el agua pura los intercepta.</p> <p>No penetran en objetos opacos, por consiguiente los rayos UV solo afectan la superficie externa de los alimentos que se irradian y no penetran en los microorganismos presentes en el interior del mismo. Sin embargo, las lámparas sirven para disminuir el número de microorganismos viables existentes en el aire que rodea los alimentos.</p>

Fuente: Suárez (2001).

ANTECEDENTES



Los microorganismos son inactivados por la luz UV como resultado del daño fotoquímico a sus ácidos nucleicos. La radiación UV es absorbida por los nucleótidos, los bloques constitutivos del ADN y ARN de la célula, según la longitud de onda, con los valores más altos cerca de 200 y 260 nm (Sonntag y Schuchmann, 1992).

La UV absorbida promueve la formación de enlaces entre nucleótidos adyacentes, con lo que se crean moléculas dobles o dímeros (Jagger, 1967).

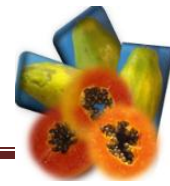
Si bien la formación de dímeros de tiamina-tiamina son los más comunes, también suelen ocurrir dímeros de citosina-citosina, citosinatiamina, y dimerización del uracilo. La formación de un número suficiente de dímeros dentro de un microbio impide que éste replique su ADN y ARN, lo que impide su reproducción. Debido a la dependencia de la longitud de onda para la absorción de UV por parte del ADN, la inactivación UV de los microbios también está en función de la longitud de onda (DIN, 1996).

Los primeros intentos experimentales para usar UV como desinfectante del agua se llevaron a cabo en Marsella, Francia, en 1910. Entre 1916 y 1926, se usó UV en los Estados Unidos para la desinfección del agua y para proveer agua potable en los barcos. Sin embargo, el bajo costo de la desinfección del agua con cloro, además de los problemas operativos y de confiabilidad observados en los primeros equipos de desinfección UV retardó el crecimiento de las aplicaciones de UV hasta la década de los 50. Hoy día las aplicaciones de esta tecnología son varias y sus principales aplicaciones se enlistan en la Tabla 11 (Wright y Cairns, 1998).

Tabla 11. Aplicaciones de desinfección con luz ultravioleta a diferentes tipos de agua.

Tipo de agua	Aplicación	Tipo de agua	Aplicación
AGUA POTABLE	Municipal Comunal Terrenos para acampar Alojamientos de caza Hoteles Institucional Hospitales Escuelas Residencias	INDUSTRIAL	Cervecerías Farmacéutica Embotelladoras Conservas Alimentos Productos Marinos Destilerías Textiles
AGUAS RESIDUALES	Municipales Comunales Institucionales Residenciales	COMERCIAL	Criaderos de Peces Hidrocultivos Acuarios Restaurantes

Fuente: Wright y Cairns (1998).



1.3.4.2 RADIACIÓN IONIZANTE

La radiación ionizante directa consta de partículas cargadas, que son los electrones energéticos (llamados a veces negatrones), los positrones, los protones, las partículas alfa, los mesones cargados, los muones y los iones pesados (átomos ionizados). Este tipo de radiación ionizante interactúa con la materia sobre todo mediante la fuerza de Coulomb, que les hace repeler o atraer electrones de átomos y moléculas en función de sus cargas.

La radiación ionizante indirecta es producida por partículas sin carga. Los tipos más comunes de radiación ionizante indirecta son los generados por fotones con energía superior a 10 keV (rayos X y rayos gamma) y todos los neutrones (Cherry, 2012).

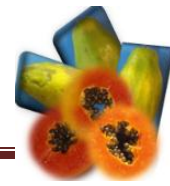
Los fotones de energía más baja interactúan sobre todo mediante el efecto fotoeléctrico, por el que el fotón cede toda su energía a un electrón, que entonces abandona el átomo o molécula. El fotón desaparece (Cherry, 2012).

Los fotones de energía intermedia interactúan fundamentalmente mediante el efecto Compton, en virtud del cual el fotón y un electrón colisionan esencialmente como partículas. El fotón continúa su trayectoria en una nueva dirección con su energía disminuida, mientras que el electrón liberado parte con el resto de la energía entrante (menos la energía de unión del electrón al átomo o a la molécula) (Cherry, 2012).

La producción de pares sólo es posible con fotones cuya energía sea superior a 1.02 MeV. Sin embargo, cerca de 1,02 MeV, el efecto Compton predomina todavía. La producción de pares predomina con energías más altas (Cherry, 2012).

El fotón desaparece, y en su lugar aparece una pareja electrón- positrón (este fenómeno sólo ocurre en la proximidad de un núcleo, por consideraciones de conservación del momento cinético y de la energía). La energía cinética total del par electrón-positrón es igual a la energía del fotón menos la suma de las energías de la masa residual de electrón y positrón (1.02 MeV). Estos electrones y positrones energéticos se comportan entonces como radiación ionizante directa. A medida que pierde energía cinética, un positrón puede llegar a encontrarse con un electrón, y las partículas se aniquilarán entre sí (Cherry, 2012).

La dosis de irradiación administrada a un alimento depende de la resistencia de los organismos presentes y el objetivo del tratamiento. La dosis máxima recomendada es 15 KGy, con una dosis media que no exceda 10 KGy (OMS, 1997).



IRRADIACIÓN GAMMA

La radiación gamma es radiación electromagnética emitida por un núcleo cuando experimenta una transición de un estado de energía más alta a un estado energético más bajo. El número de protones y neutrones del núcleo no varía en estas transiciones. Los rayos gamma se emiten a menudo inmediatamente después de una desintegración alfa o beta. Los rayos gamma también pueden ser el resultado de la captura de un neutrón y de la dispersión inelástica de partículas subatómicas por núcleos. Los rayos gamma más energéticos se han observado en los rayos cósmicos (Cherry, 2012).

La irradiación de los alimentos daña o destruyen a los microorganismos de forma inmediata ya que cambian la estructura de la membrana celular y afectan sus actividades enzimáticas y metabólicas. Sin embargo, un efecto todavía más importante es el que produce sobre las moléculas de ácido desoxirribonucleico (DNA) y ácido ribonucleico del núcleo celular, ambos compuestos esenciales para su crecimiento y proliferación. Los efectos de la irradiación no se manifiestan hasta al cabo de algún tiempo en que la doble hélice de DNA es incapaz de desplegarse impidiendo la duplicación celular (Fellows, 2000).

Una medida común de la sensibilidad de las bacterias a la radiación el valor D10, que es la dosis requerida para matar el 90% (Brennan, 2006).

El efecto de la irradiación gamma en los microorganismos es el principal tema de importancia, sin embargo como se ven afectados los componentes del alimento es un tema que surge como parte de una investigación responsable. En la tabla 12 hace mención de los efectos en los componentes de los alimentos a causa de esta tecnología.

Tabla 12. Efecto de la irradiación gamma en los componentes de los alimentos.

COMPONENTE ALIMENTICIO	EFECTO DE LA IRRADIACIÓN GAMMA
Carbohidratos	Rompe el enlace glucosídico del almidón, de la pectina o de la celulosa para dar hidratos de carbono más pequeños, lo que conduce a una reducción de la viscosidad de almidones, o una pérdida de textura en algunos alimentos, provocando el ablandamiento de algunas frutas.
Proteínas	La irradiación de las proteínas a dosis de los 35 KGy causa una reducción no discernible del contenido en aminoácidos
Lípidos	En lípidos hasta los 50 KGy se producen cambios insignificantes en las propiedades físicas (viscosidad y punto de fusión), y químicas (índice de yodo e índice de peróxidos, etc.). El principal problema con los alimentos que contienen grasas es la aceleración de la autooxidación cuando se irradian en presencia de oxígeno.

ANTECEDENTES

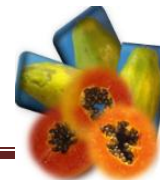


Tabla 12. Efecto de la irradiación gamma en los componentes de los alimentos (Continuación).

COMPONENTE ALIMENTICIO	EFECTO DE LA IRRADIACIÓN GAMMA
Vitaminas	La pérdida de vitaminas durante el procesado es un problema obvio y ha sido estudiado con gran detalle en diversos alimentos.
En las propiedades organolépticas	Al aplicar dosis elevadas de radiación, se modifica el sabor, color y textura que puede hacer al alimento inaceptable para el consumo. En general las alteraciones organolépticas producidas por irradiación se presentan a dosis menores que las necesarias para producir alteraciones nutricionales. Estas alteraciones, pueden minimizarse irradiando el alimento envasado al vacío o en atmósferas modificadas, en estado congelado o en presencia de antioxidantes. En frutas y hortalizas se produce un considerable ablandamiento. Esta modificación no se presenta de inmediato, sino al cabo de varias horas e incluso días.

Fuente: Brennan (2006) y Narvaiz (2000).

1.3.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS TRATAMIENTOS HIDROTÉRMICOS, IRRADIACIÓN GAMMA E IRRADIACIÓN UV-C EN ALIMENTOS.

La irradiación de los alimentos ha sido identificada como una tecnología segura para reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), en la producción, procesamiento, manipulación y preparación de alimentos de alta calidad. Es a su vez, una herramienta que sirve como complemento a otros métodos para garantizar la seguridad y aumentar la vida en anaquel de los alimentos, en la Tabla 13 se hace mención de las ventajas y desventajas de la irradiación ionizante y no ionizante (Narvaiz, 2000).

ANTECEDENTES

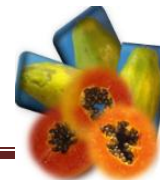
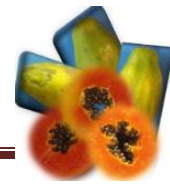


Tabla 13. Ventajas y desventajas de la radiación ionizante y no ionizante y tratamiento hidrotérmico.

Tratamiento	Ventajas	Desventajas
Irradiación Ionizante (gamma)	<ul style="list-style-type: none"> • Destruye patógenos como: <i>Salmonella</i>, <i>E. coli</i> O157:H7, <i>Campylobacter</i>, <i>Listeria monocitogenes</i>, <i>Trichinellaspiralis</i>. • Los productos pueden ser tratados ya envasados. • Aumenta la vida en anaquel de los alimentos. • Retarda el deterioro natural de las frutas. • Disminuye la utilización de compuestos químicos, que dejan residuos tóxicos en el producto. • Ideal para las especias, ya que se conservan en gran medida los aromas y sabores típicos. • Destruye insectos en el interior o sobre frutas tropicales. • Inhibe la germinación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta energía e intensidad • Emisión continua • Requiere recarga • Licenciamiento: estrictamente regulado • Pocos proveedores
Irradiación No ionizante (UV-C)	<ul style="list-style-type: none"> • Se elimina o reduce la necesidad de usar productos químicos. • Es una tecnología barata. • Es una tecnología fácilmente automatizable. • No altera las propiedades de los alimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • A dosis muy altas se manifiesta como manchado y decoloración de la piel, y su intensidad varía con el tiempo de exposición a la UV-C • Maduración anormal y pardeamiento del exocarpio • Engrosamiento de la pared celular del pericarpio de las bayas, debido al aumento de celulosa, hemicelulosa y material lipídico, que puede considerarse como una respuesta similar al daño físico o una barrera contra el ataque de patógenos
Hidrotérmico	<ul style="list-style-type: none"> • Control de enfermedades. • Control de plagas. • No deja residuos. • Aceptado como tratamiento cuarentenario para exportación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se emplean altos volúmenes de agua.

Fuente: Liu *et al.* (1993); Maharaj *et al.* (1999); Narvaiz (2000); González-Barrio *et al.* (2005); Rangel (2007); Wordpress (2009);. FDA (2012c).



1.4 NORMATIVIDAD

La Comisión conjunta de la FAO y la OMS del Codex Alimentarius y muchas otras autoridades reguladoras han establecido una serie de principios relativos a la irradiación de alimentos y unos procedimientos básicos de control. En todo el mundo, más de 41 países han aprobado el uso de la irradiación de alimentos para más de 60 productos alimentarios (EUFIC, 2002).

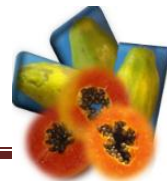
1.4.1 NORMAS INTERNACIONALES RELACIONADAS CON EL MANEJO POSCOSECHA DE LA PAPAYA

En la norma del Codex para la papaya (CODEX STAN 183-1993), se tratan los siguientes puntos:

- ❖ Definición del producto
- ❖ Disposiciones relativas a la calidad
- ❖ Clasificación
- ❖ Disposiciones relativas a la clasificación por calibres
- ❖ Disposiciones relativas a la presentación
- ❖ Marcado o etiquetado
- ❖ Contaminantes
- ❖ Higiene

En esta norma recomienda que el producto sea evaluado por las disposiciones de ésta, con el código internacional recomendado de prácticas ‘Principios Generales de Higiene de los alimentos (CAC/RCP 1-1969)’, ‘Código de Prácticas e Higiene para Frutas y Hortalizas Fresacas (CAC/RCP 53-2003)’ y otros textos como ‘Código de prácticas y código de prácticas e higiene’.

Que remitiéndonos al problema de la papaya contaminada con *Salmonella*, no es más que una mala aplicación de éstas, a pesar de ello en disposiciones relativas a la calidad en los puntos que exige como requisitos mínimos enlista que deberán estar exentas de plagas que afecten el estado general de las papayas, así como de daños causados por éstas.



El tema de contaminaciones causadas por patógenos está cobrando importancia en los últimos años y probablemente en un futuro estas normas sean modificadas especificando garantizar la inocuidad del producto por agentes de éste tipo; aunque de manera muy general hace mención que el producto deberá ajustarse a los criterios microbiológicos establecidos de conformidad con los Principios para el Establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos a los alimentos (CAC/GL 21-1997).

1.4.2 NORMAS INTERNACIONALES RELACIONADAS CON LA IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS

En cuanto a la norma para alimentos irradiados del Codex (CODEX STAN 106-1983, REV. 1-2003), los puntos que se tratan son los siguientes:

- ❖ **Ámbito de aplicación**
- ❖ **Requisitos generales del procedimiento**
 - Fuentes de radiación
 - Dosis absorbida
 - Instalaciones y control del procedimiento
- ❖ **Higiene de los alimentos irradiados**
- ❖ **Requisitos tecnológicos**
 - Requisito general
 - Requisitos de envasado y calidad de los alimentos
- ❖ **Irradiación repetida**
- ❖ **Verificación postirradiación**
- ❖ **Etiquetado**
 - Control de existencias
 - Alimentos preenvasados destinados al consumo directo
 - Alimentos a granel transportados en contenedores

En higiene de los alimentos irradiados, remite a las normas del *Código Internacional Recomendado de Prácticas - Principios Generales de Higiene de los Alimentos* (CAC/RCP

ANTECEDENTES

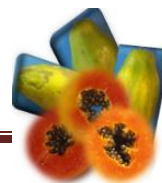


1-1969, Rev. 3-1997), incluida la aplicación cuando proceda, a efectos de inocuidad de los alimentos, de los siete principios del Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP). Según corresponda, los requisitos técnicos para las materias primas y el producto acabado deberán ajustarse a lo dispuesto en los códigos de higiene, las normas alimentarias y los códigos de transporte aplicables.

Así también especifica que, deberán observarse cualesquiera normas nacionales de sanidad pública pertinentes que afecten a la inocuidad microbiológica y la idoneidad nutricional aplicables en el país en que se venda el alimento.



OBJETIVOS



2. OBJETIVOS

2.1 PROBLEMA

Riesgos de salud por falta de inocuidad, alterada por *Salmonella spp*, en papaya ‘Maradol’ mexicana, además de las pérdidas económicas por la alta producción y exportación del producto.

2.3 OBJETIVO GENERAL.

Determinar el efecto de tratamientos hidrotérmicos, irradiación ionizante (gamma) y no ionizante (UV-C) que garantice el control de *Salmonella spp* en papaya ‘Maradol’ mexicana en dos estados de madurez para evitar problemas de inocuidad y que permita su exportación a Estados Unidos.

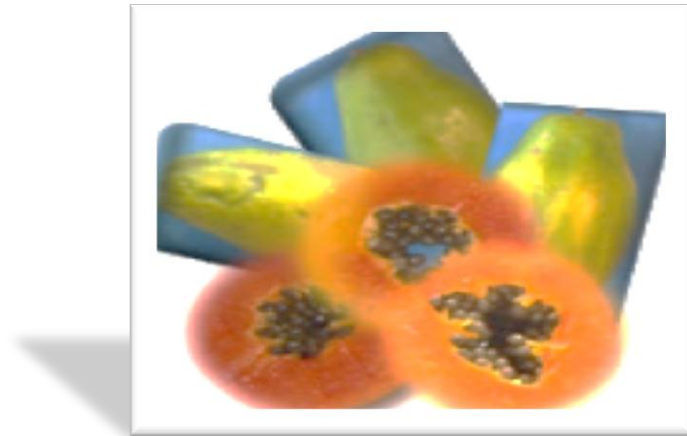
2.4 OBJETIVOS PARTICULARES

2.4.1 OBJETIVO PARTICULAR 1.

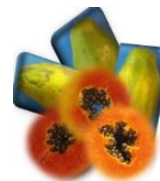
Evaluar el efecto del tratamiento hidrotérmico (40, 45 y 50 °C/20 min), irradiación gamma (0.695 KGy) e irradiación ultravioleta (30 y 40 min) en parámetros de calidad, fisiológico y características organolépticas de papaya ‘Maradol’ en dos estados de madurez ($\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ de verde) que permita seleccionar las condiciones que no afecten la calidad del fruto.

2.4.2 OBJETIVO PARTICULAR 2.

Establecer el efecto de los tratamientos hidrotérmico, irradiación ionizante, no ionizante y la combinación de las mejores condiciones de éstos, para el control de *Salmonella spp* en dos estados de madurez ($\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ de verde) en papaya ‘Maradol’ mexicana.



MATERIALES Y MÉTODOS



3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1 CUADRO METODOLÓGICO

PROBLEMA

Riesgos de salud por falta de inocuidad, alterada por *Salmonella spp.* en papaya ‘Maradol’ mexicana, además de las pérdidas económicas por la alta producción y exportación del producto.



OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de tratamientos hidrotérmicos, irradiación ionizante (gamma) y no ionizante (UV-C) que garantice el control de *Salmonella spp.* en papaya ‘Maradol’ mexicana en dos estados de madurez para evitar problemas de inocuidad y que permita su exportación a Estados Unidos.



OBJETIVO PARTICULAR 1

Evaluar el efecto del tratamiento hidrotérmico (40, 45 y 50 °C/20 min), irradiación gamma (0.695 KGy) e irradiación ultravioleta (30 y 40 min) en parámetros de calidad, fisiológico y características organolépticas de papaya ‘Maradol’ en dos estados de madurez (¾ y ½ de verde) que permita seleccionar las condiciones que no afecten la calidad del fruto.



PARÁMETROS DE CALIDAD

- Color (Colorímetro (McGuire, 1992)).
- Firmeza (Penetrómetro(NMX-FF-058-SCFI-2006)).
- Sólidos soluble totales. (Refractómetro (AOAC, 2002))
- pH (pH-metro(AOAC, 2002))
- Acidez (Titulación (AOAC, 2002))

PARÁMETRO NUTRIMENTAL

- Vitamina C (Espectrofotómetro Instruments, 902D (AOAC, 2002))

PARÁMETRO SENSORIAL

- Prueba sensorial (Prueba afectiva (Pedrero. y Pangborn, 1994)).



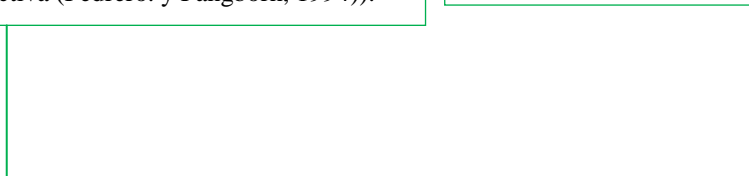
OBJETIVO PARTICULAR 2

Establecer el efecto de los tratamientos hidrotérmico, irradiación ionizante, no ionizante y la combinación de las mejores condiciones de éstos, para el control de *Salmonella spp.* en dos estados de madurez (¾ y ½ de verde) en papaya ‘Maradol’ mexicana.



PRUEBA DE SALMONELLA

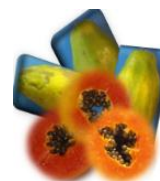
- Prueba de catalasa (Cortes, 2012)
- Tinción de Gram (Cortes, 2012)
- Resistencia a antibióticos
- Inoculación
- Evaluación de sobrevivencia (NOM-114-SSA1-1994)
- CHROM agar (*Salmonella*)
- Agar Nutritivo



RESULTADOS Y DISCUSIÓN



CONCLUSIONES



3.2 MATERIAL BIOLÓGICO

Papayas ‘Maradol’ (Figura 9) en estado fresco y apariencia sana, adquiridas en la central de abastos de la Ciudad de México y llevadas al laboratorio de postcosecha del Centro de Asimilación Tecnológica de la Facultad de estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.



Figura 9. Papaya variedad ‘Maradol’.

3.3 TRATAMIENTO DE MATERIAL BIOLÓGICO.

Las papayas libres de daños mecánicos y quemaduras, se clasificaron buscando un tamaño uniforme y que cumpliera con los estados de madurez, propuestos para realizar el estudio, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de verde. Se formaron cuatro lotes por estado de madurez, cada uno con 10 papayas, garantizado de esta manera una réplica (Figura 10).

DÍA 1. RECEPCIÓN DE PAPAYA ‘MARADOL’, APLICACIÓN Y COMIENZO DE EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD.				
EDO.	CONTROL	40° C	45° C	50° C
$\frac{1}{2}$ VERDE				
$\frac{3}{4}$ VERDE				

Figura 10. Clasificación en dos estados e madurez $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de verde, de papaya ‘Maradol’.

Una vez clasificados e identificado cada lote, se pesó y se midió cada papaya (Figura 11), y se obtuvo las medidas y peso promedio de la papaya, con su desviación estándar

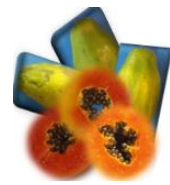


Figura 11. Evaluación de pesos (A) y medidas longitudinales y ecuatoriales de cada papaya (B).

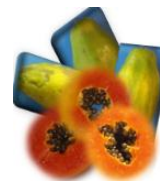
3.4 APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS

3.4.1 TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO

Una vez formados los lotes de papayas se procedió a aplicar los tratamientos hidrotérmicos. En contenedores con agitación mecánica, se vertieron 30 L de agua desinfectada y mediante resistencias eléctricas se ajustaron la temperaturas propuestas (40, 45 y 50°C), se sumergió el primer lote a tratar de papayas de $\frac{1}{2}$ de verde a 40°C durante 20 min, posteriormente el lote de 45° C y se finalizó con el de 50° C también por un tiempo de 20 min, se repitió esta operación para el estado de madurez de $\frac{3}{4}$ de verde (Figura 12).



Figura 12. Aplicación de los tratamientos hidrotérmicos.



3.4.2 ULTRA VIOLETA (UV-C)

La irradiación UV-C se llevó a cabo en una cámara de luz ultravioleta (Figura 13), dentro de la cámara se colocaron lotes de 5 papayas de cada estadio de madurez ($\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de verde) que fueron expuestas a la luz durante 15 y 20 min por una cara de la papaya y el mismo tiempo por la otra cara, para finalmente dar un tiempo de 30 y 40 min de exposición.



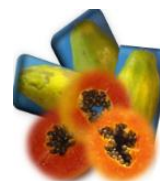
Figura 13. Cámara de irradiación de luz ultravioleta.

3.4.3 IRRADIACIÓN GAMMA

La irradiación gamma se llevó a cabo en la planta de ‘Sterigenics’ ubicada en el parque industrial de Tepeji del río de Ocampo.

La dosis de irradiación empleada fue la establecida por Gutiérrez y Juárez (2011) en trabajos con papaya (*Carica papaya L.*) variedad ‘Maradol’ para exportación; realizado en el Laboratorio de Postcosecha de Productos Vegetales.

En la planta de irradiación ‘Sterigenics’ irradiaron cada pieza por separado, garantizando dosis única, se utilizó una fuente de cobalto 60. Para la distribución de la dosis de irradiación se realizó un mapeo (Figura 14).



Set opened on 01/24/2013 06:31:36 p.m. Calibration Name T030901-PX0026-ROV-073112-199
Batch No. T030901

Indiv. Mass
Indiv. Irr. Temp

Sample No	Dose [kGy]	Alanine	Marker	Alanine/Marker	Freq. [GHz]	Irr. Temp.	Mass [mg]	Instr. Temp.	Measured on
P16 A	0.669	135,343	260,169	0.525	9.73403	23	66.9	43.8	01/24/2013 06:39:21 p.
P16 E	0.696	140,846	260,031	0.547	9.73370	23	66.9	43.8	01/24/2013 06:40:42 p.
P15 A	0.683	138,284	260,238	0.536	9.73407	23	66.9	43.8	01/24/2013 06:42:09 p.
P15 E	0.738	149,358	259,409	0.581	9.73396	23	66.9	43.8	01/24/2013 06:43:33 p.
P14 A	0.682	138,040	260,206	0.535	9.73387	23	66.9	43.9	01/24/2013 06:44:54 p.
P14 E	0.671	135,686	259,935	0.526	9.73375	23	66.9	44.0	01/24/2013 06:46:43 p.
P13 A	0.672	136,063	260,220	0.527	9.73376	23	66.9	43.9	01/24/2013 06:49:06 p.
P13 E	0.672	135,810	259,782	0.527	9.73374	23	66.9	43.9	01/24/2013 06:50:38 p.
P12 A	0.706	142,609	259,203	0.555	9.73382	23	66.9	44.0	01/24/2013 06:52:43 p.
P12 E	0.721	145,527	258,864	0.567	9.73338	23	66.9	44.0	01/24/2013 06:54:18 p.

Figura 14. Mapeo de la distribución de dosis en cada papaya sometida a irradiación gamma.

3.5 TRATAMIENTOS COMBINADOS

3.5.1 HIDROTÉRMICO + UV-C

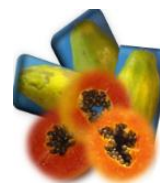
El lote de papayas se trató por inmersión en agua 50°C/20 min, posteriormente se somete a irradiación con luz ultravioleta con lámparas de 250 nm a 30 cm de distancia de éstas por un tiempo de 30 minutos.

3.5.2 HIDROTÉRMICO + GAMMA

El lote de papayas se trató por inmersión en agua a 50°C/20 min, posteriormente se sometieron a irradiación gamma a 695 Gy.

3.6 EFECTO DE TRATAMIENTOS HIDROTÉRMICOS, UVC EN PARÁMETROS DE CALIDAD.

Todas las papayas a 1/2 y 3/4 de verde con los diferentes tratamientos fueron almacenadas en refrigeración a una temperatura de 13° C por un tiempo de 14 días, posteriormente fueron transferidas a temperatura de 23°C por 7 días, esto simulando el proceso que se lleva a cabo en la exportación de esta fruta. Cada 7 días fueron evaluados los parámetros de calidad, nutrimental y al final del almacenamiento se evaluó el parámetro sensorial de acuerdo a las técnicas descritas en el apartado 3.10.



3.7 EFECTO DE LA COMBINACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN SOBREVIVENCIA *SALMONELLA*.

Las condiciones de los tratamientos que no afectaron los parámetros de calidad, fisiológico y sensorial fueron seleccionadas y se evaluó el control de *Salmonella* en papaya. En la Tabla 14 se mencionan los tratamientos y las respectivas combinaciones y condiciones.

Tabla 14 Combinación de tratamientos para el evaluar el control de *Salmonella* en papaya.

Tratamiento	Nomenclatura	Condiciones
Hidrotérmico	H	50° C 20 min
Irradiación Gamma	G	695 Gray
Irradiación UV-C	UV-C	30 min 250 nm, distancia 30 cm
Hidrotérmico + UV-C	H+U	50° C 20 min + 30 min 250 nm, distancia 30 cm
Hidrotérmico+ Gamma	H+G	50° C 20 min + 695 Gray

Las papayas se sometieron a irradiación gamma en la planta Sterigenics en Tepeji del Río. Los lotes fueron de 12 papayas a 695 Gy (Gutiérrez, y Juárez, 2011), posteriormente se almacenaron por 14 días a 13° C + 7 a 23°C.

3.7.1 PRUEBAS BIOQUÍMICAS DE LA CEPA *SALMONELLA THYPHIMURIUM*

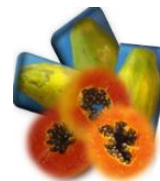
3.7.1.1 PRUEBA DE CATALASA

La prueba de catalasa se tomó una colonia pura de 24 hrs, y se distribuyó sobre un porta objetos de vidrio, limpio, se agregó una gota de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 30% sobre el microorganismo sin mezclarlo y la aparición de burbujas indicó la presencia de catalasa, que cataliza la conversión de H_2O_2 en H_2O y O_2 .

3.7.1.2 TINCIÓN DE GRAM

Se preparó el frotis bacteriano, a partir de colonias aisladas, se realizó la tinción de Gram, con cristal violeta que sirvió como colorante básico uniéndose a la pared celular bacteriana con la ayuda del lugol que refuerza la unión del colorante, se hizo una decoloración con alcohol-cetona, posteriormente se agregó safranina.

Las bacterias Gram positivas debido a la estructura y composición bioquímica de la pared celular retienen el complejo cristal violeta-lugol y aun después del tratamiento con el alcohol-cetona conserva el colorante básico, por lo que se observan al microscopio de color



azul oscuro o violeta, contrario a las bacterias gram negativas que presentan como coloración final el color rojo-rosa característico de la safranina.

3.7.1.3 EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A AMPICILINA

En una caja Petri con 15 mL de agar nutritivo en caliente se hidrataron 0.0015g de ampicilina, se esperó a que solidificara, posteriormente se realizó la siembra de 100 μ L de inóculo de *Salmonella*.

3.7.2 INOCULACIÓN

Primeramente las papayas fueron inoculadas con *Salmonella*, donde la cepa de *salmonella typhimurium*, se obtuvo de la Facultad de Química, conservándose en medio Infusión cerebro corazón (BHI), se activó haciendo crecer una colonia en caldo lactasa que se incubó por 24 hrs a 37°C, posterior a las 24 hrs se realizaron diluciones en agua peptonada al 2% de 1×10^{-1} hasta 1×10^{-7} , de cada dilución se tomaron 100 μ l y se realizó una siembra por superficie en agar nutritivo, éstos se incubaron por 24 hrs a 37°C, para hacer el conteo de las colonias viables y conocer la concentración del inóculo, del caldo lactosa también se tomaron 100 μ l y se sembraron en CHROM agar para cerciorarse que se trataba de *salmonella* ya que éste es un medio específico, (se realizó prueba de catalasa, tinción de gram y se evaluó la resistencia a ampicilina); de todas las diluciones hechas en agua peptonada se realizó un conteo por hemancitómetro, se hicieron los cálculos obteniéndose la concentración de bact/ml. Del caldo lactosa se tomaron 100 μ l y se inocularon por zona específica en la papaya (Figura 15), se dejó secar completamente el inóculo y se aplicaron los respectivos tratamientos, inmediato al tratamiento se realizó la primera evaluación de sobrevivencia de la *salmonella*, empleando un hisopo bañado con agua peptonada, se limpió la zona específica inoculada y éste se enjuagó completamente en agua peptonada, posteriormente se hicieron diluciones de 10^{-1} hasta 10^{-5} y se sembraron 100 μ l de cada dilución en agar nutritivo para posteriormente transcurridas 24 hrs realizar un conteo de sobrevivencia, esta metodología se realizó inmediato al tratamiento, a las 6, 12 y 24 horas después de los tratamientos y a partir de este punto se evaluó cada día hasta las 168 horas.

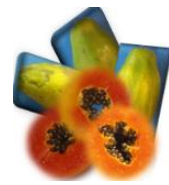


Figura 15. Preparación de los lotes de papaya en cámara de flujo laminar (A), e inoculación de la *Salmonella* (B).

3.8 TÉCNICAS ANALÍTICAS

3.8.1 PARÁMETROS DE CALIDAD

3.8.1.1 PÉRDIDA DE PESO

La pérdida de peso se evaluó mediante diferencia de pesos, con una balanza granataria digital (PS-5) (Figura 16) tomando como base el peso inicial del fruto menos su peso final entre el peso inicial, todo multiplicado por cien, expresando el resultado de pérdida de peso (%) durante el almacenamiento.

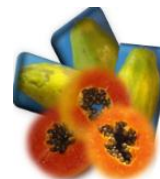


Figura 16. Determinación de la pérdida de peso Balanza digital (PSS-5).

3.8.1.2 COLOR

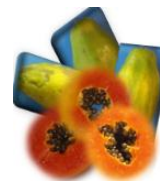
El color se midió utilizando un colorímetro (Minolta, CR 300) (Figura 17) por el sistema Hunter Lab (McGuire, 1992). El color de la piel se midió con seis lecturas, cerca del pedúnculo, el centro y el vértice en lados opuestos de la papaya. Cada pieza se fraccionó en tres partes (pedúnculo, centro y vértice), se midió el color de la pulpa en dos puntos opuestos de cada sección fraccionada, teniendo seis datos de color interno. Los valores L^* , a^* y b^* se utilizaron para calcular, luminosidad (L), tono (ángulo Hue) = $\arctan(b/a)$, donde hue: 0 = rojo púrpura, 90 = amarillo, 180 = azul-verde y 270 azul, y croma $(a^2+b^2)^{1/2}$.



Figura 17. Colorímetro Minolta CR 300 con sistema Hunter Lab.

3.8.1.3 FIRMEZA

La firmeza se midió a través de un penetrómetro manual tipo chatillón (Fruit pressure tester, ft 327) (Figura 18), de acuerdo a la NMX-FF-058-SCFI-2006. Cada sección fraccionada del fruto (pedúnculo, centro y vértice), se colocaron sobre una superficie sólida



y se introdujo el penetrómetro hasta perforar el fruto. El instrumento indica la fuerza que se necesita para penetrar el fruto en Kg/cm^2

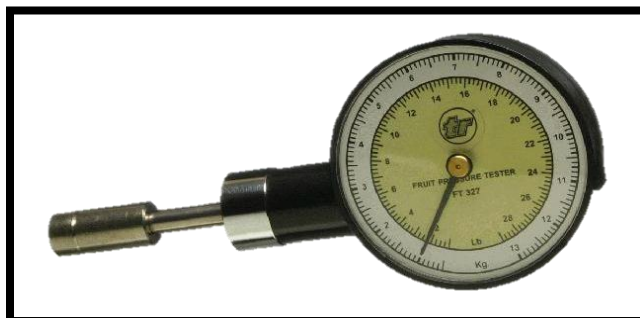


Figura 18. Penetrómetro manual tipo chatillón

3.8.1.4 SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

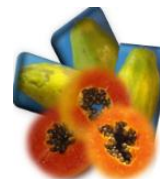
El contenido de sólidos solubles fue medido directamente con un refractómetro manual (Atago, master-M) (Figura 19) con escala de $0-33^\circ$ Brix para su determinación se colocó una gota de jugo de papaya obtenida de la penetración de su pulpa, sobre la cara del refractómetro y esta se dirigió hacia la luz para leer la medición que se expresaron en $^\circ\text{Brix}$.



Figura 19. Refractómetro manual (Atago)

3.8.1.5 ACIDEZ TITULABLE Y pH

Para determinar la acidez y pH de las papayas se pesaron 10g mismos que se molieron en una licuadora con 90 mL de agua destilada y posteriormente se filtraron. Una vez obtenido el filtrado se tomó una alícuota de 10 mL y se vertió a un matraz de precipitados a este se le agregaron tres gotas de fenolftaleína como indicador y se procedió a titular con $\text{NaOH } 0.1 \text{ N}$ (Figura 20 A), los resultados se expresaron en % de ácido cítrico. Al resto del filtrado se



le midió pH con un potenciómetro manual (Hanna instruments) (Figura 20 B) mediante la inmersión del electrodo en la muestra obtenida, la lectura es directa.

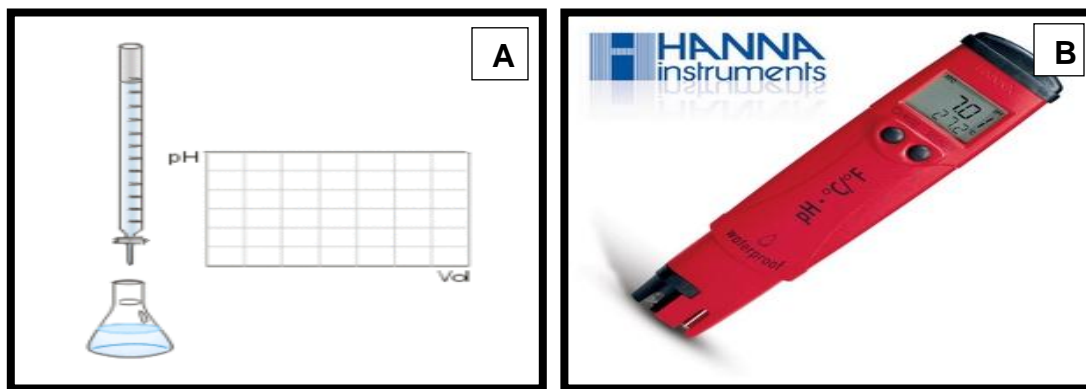


Figura 20. A) Equipo de titulación, B) Potenciómetro manual (Hanna instruments)

3.9 PARÁMETRO NUTRIMENTAL

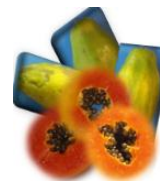
3.9.1 VITAMINA C

El método se basó en la medición del grado en que una solución de 2,6-diclorofenol-indofenol es decolorada por el ácido ascórbico en los extractos de la muestra y en las soluciones estándar de ácido ascórbico (AOAC, 2002).

Para la determinación de ácido ascórbico, por el método espectrofotométrico se pesaron 100 mg de la muestra, se maceró con 2 ml de ácido metafosforico al 2%, se homogenizó y se filtró. Del filtrado se tomó una alícuota de 2000 μ l de indofenol, se agitó y se tomó la lectura en el espectrofotómetro a 518 nm.



Figura 21. Espectrofotómetro.



3.10 DETERMINACIÓN DE PARAMETRO SENSORIAL

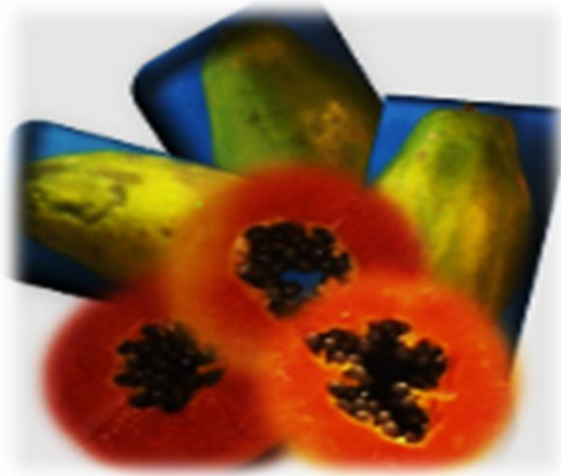
Para evaluar los posibles efectos sobre los parámetros sensoriales en la papaya debido a los diferentes tratamientos (hidrotérmico, irradiación gamma e irradiación UV-C), se aplicaron pruebas de tipo hedónica (de preferencia), aplicadas a 20 panelistas no entrenados, siendo evaluados los atributos de apariencia visual, olor, sabor, intensidad de color y textura (Pedrero y Pangborn, 1994). Para la prueba hedónica se tomó una escala de 1 a 5 puntos, en la Tabla 15 se detalla cada atributo con su respectiva escala.

Tabla 15. Escala hedónica de 5 puntos para evaluar atributos más representativos de la papaya 'Maradol'.

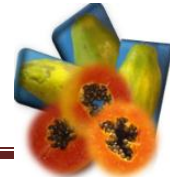
ATRIBUTO	ESCALA
APARIENCIA VISUAL OLOR SABOR CALIFICACIÓN GLOBAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. Muy mala 2. Mala 3. Aceptable como límite de consumo 4. Buena 5. Muy buena
INTENSIDAD DE COLOR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Naranja muy claro 2. Naranja claro 3. Naranja 4. Naranja intenso 5. Extremadamente naranja
TEXTURA	<ol style="list-style-type: none"> 1. Muy blanda 2. Blanda 3. Aceptable 4. Leve 5. Ninguna

3.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para establecer el efecto de los tratamientos hidrotérmico, UV-C, irradiación gamma y la combinación de éstos en los parámetros de calidad, nutrimental, sensorial y en el control de *salmonella* se realizó un análisis de varianza (ANOVA), y pruebas de comparación de medias de Duncan ($p \pm 0.05$). Se utilizó el paquete Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., Gary, NC, USA).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA PAPAYA

De acuerdo con la norma del codex para la papaya (CODEX STAN, 183-1993). Las variedades comerciales de papayas obtenidas de *Carica papaya* L., de la familia *Caricaceae*, habrán de suministrarse frescas al consumidor, después de su acondicionamiento y envasado.

Las papayas deberán haber alcanzado un grado apropiado de desarrollo y madurez, teniendo en cuenta las características de la variedad y/o tipo comercial y la zona en que se producen.

De acuerdo a las disposiciones relativas a la clasificación por calibres apartado 3 de éste CODEX, el calibre se determina por el peso del fruto, que deberá ser como mínimo de 200 g, por consiguiente el código que corresponde a las papayas empleadas en este experimento es el “H” , el cual su peso en gramos fue de 1101 - 1500 g y el peso promedio de las papayas empleadas fue de 1152.9 ± 375.5 g (Tabla 16), siendo como código máximo el “J” en el cual su peso deberá ser ≥ 2001 gramos. Este código deberá ser especificado en el marcado o etiquetado en especificaciones comerciales (CODEX STAN, 183-1993).

Tabla 16. Características físicas de papayas ‘Maradol’.

	Perímetro Ecuatorial (cm)	Perímetro Longitudinal (cm)	PESO (g)
Promedio*	33.3 ± 5.02	25.6 ± 2.98	1152.9 ± 375.5

*n = 300 papayas.

4.2. EFECTO DE TRATAMIENTOS HIDROTÉRMICOS EN LOS PARÁMETROS DE CALIDAD, NUTRIMENTALES Y SENSORIALES.

4.2.1 PÁRAMETROS DE CALIDAD

4.2.1.1. PÉRDIDA DE PESO

Durante el almacenamiento es importante el control de la humedad relativa, para evitar pérdidas de peso que finalmente se traducen en pérdidas económicas. En la Figura 22 se analiza la pérdida de peso en por ciento (%) de las papayas empleadas en los tratamientos hidrotérmicos durante el transcurso del almacenamiento.

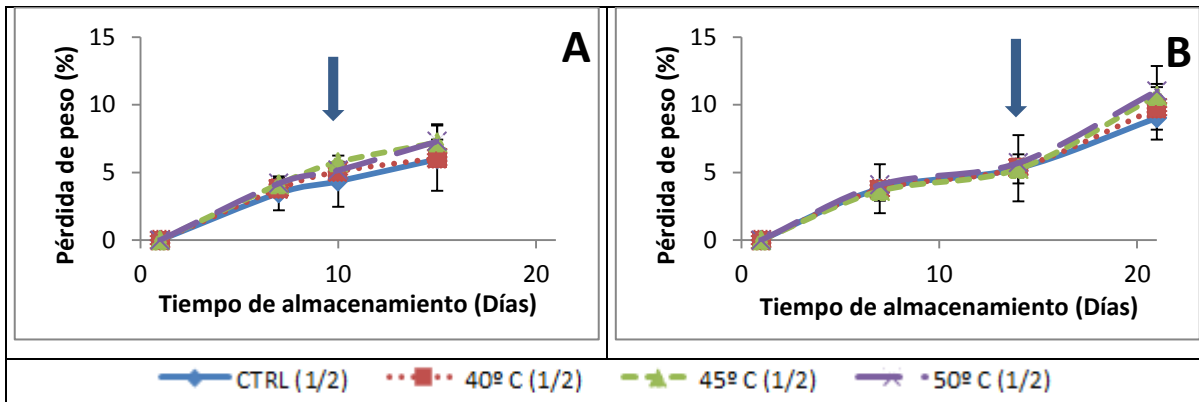
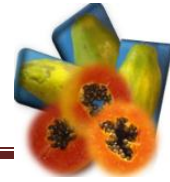


Figura 22. Efecto de tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50° C por 20 min) en la pérdida de peso de la papaya ‘Maradol’ en dos estadios **A**) ½ de verde, **B**) ¾ de verde. Las líneas verticales indican la desviación estándar de cada punto. La flecha indica la transferencia a temperatura ambiente.

La pérdida de peso de las papayas en estado de madurez ½ de verde (Figura 22-A) al día 10 no presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre tratamientos con respecto a las control, sin embargo para este punto las papayas tratadas a 50° C ya presentaban una pérdida en un 27% mayor que las control, para el final del almacenamiento (15° día) las papayas control y las tratadas a 40°C tuvieron 17% menor pérdida de peso que las tratadas a 45 y 50°C formándose así dos grupos estadísticamente, las papayas tratadas a 45 y 50° C tuvieron una pérdida del 7% en peso con respecto a su valor inicial a diferencia de las control y las tratadas a 40°C que sólo perdieron 5.8% de su peso inicial.

Con lo que respecta a las papayas en estado de madurez ¾ de verde (Figura 22-B) hasta el día 14 del almacenamiento la pérdida de peso no presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre las papayas tratadas y las control, mientras que para el día 21 los frutos tratados a 45 y 50°C perdieron 19% más peso que las control.

De manera general se puede decir que las papayas del estado de madurez ¾ presentaron 3% mayor pérdida de peso que las del estadio de ½ de verde, lo que puede deberse a que fueron almacenadas por un periodo mayor y que el emplear el tratamiento hidrotérmico a una temperatura de 50°C se originó una pérdida de peso mayor que en las frutos sin tratamiento; sin embargo, no fue suficiente para generar una diferencia estadística significativa, este mismo efecto se observó en el estudio que realizó Ramírez *et al.* (2011) en bananos aplicando tratamientos por inmersión en agua caliente a 50°C por 20 min.



4.2.1.2. COLOR

El color de la cáscara es la característica más utilizada para evaluar el estado de maduración de los frutos de papaya. Las recomendaciones para la cosecha se basan en el cambio del color verde oscuro a verde claro y la aparición de tonos amarillos en el extremo distal (Kader, 2012).

La comercialización se realiza desde el estado de rompimiento del color verde a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de madurez, mientras que el consumo se recomienda cuando la cáscara de los frutos presenta 75% ó más de color amarillo (Zhou *et al.*, 2004).

➤ LUMINOSIDAD

La luminosidad de la papaya principalmente en la dermis y poco apreciable en pulpa disminuyó conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento (Figura 23).

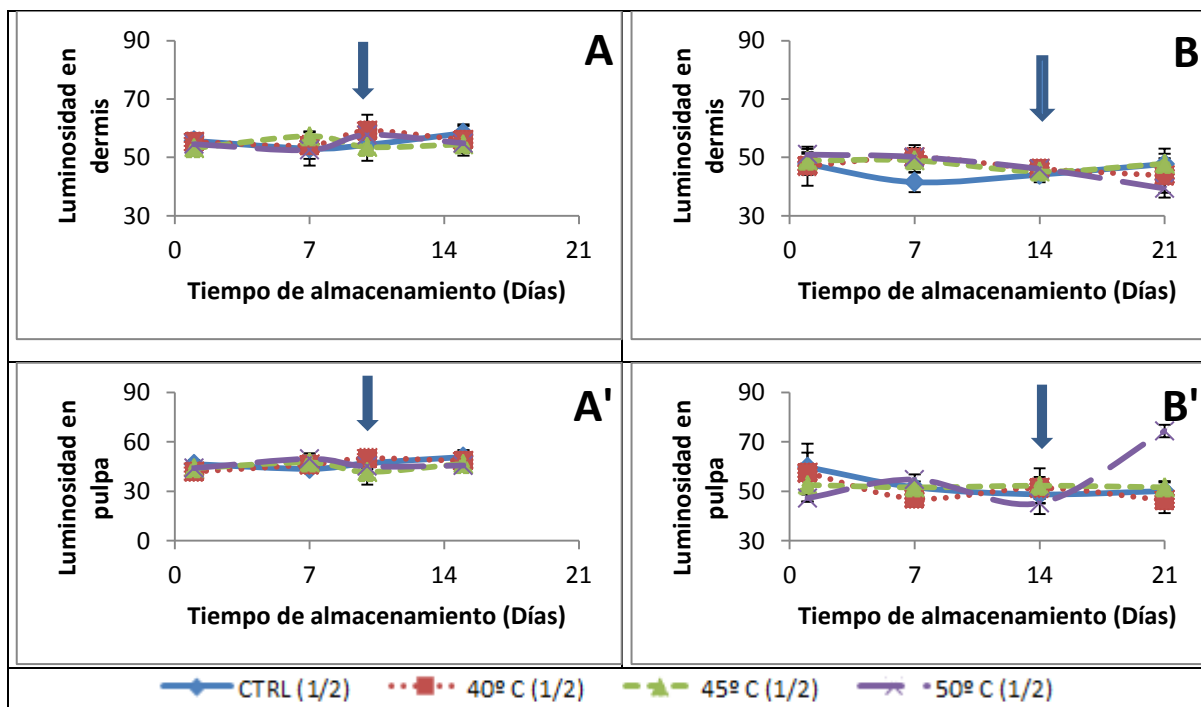
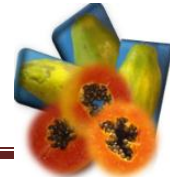


Figura 23. Efecto de tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50° C por 20 min.) en la luminosidad de papaya 'Maradol' en dos estadios y dos tejidos **A)** $\frac{1}{2}$ de verde en piel, **B)** $\frac{3}{4}$ de verde en piel, **A')** $\frac{1}{2}$ de verde en pulpa y **B')** $\frac{3}{4}$ de verde en pulpa. Las líneas verticales indican la desviación estándar de cada punto, La flecha indica la transferencia a temperatura ambiente.

La luminosidad de la piel de papaya en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde (Figura 23-A) durante el almacenamiento no presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre control y



tratamientos, el valor promedio de la luminosidad al inicio del estudio fue de L^*55 y éste valor se mantuvo hasta el final del almacenamiento.

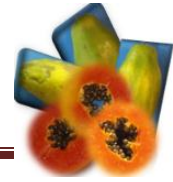
Respecto a la luminosidad en piel de papaya en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde (Figura 23-B), en el día uno no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en este parámetro entre todas las papayas, para el día 14, la luminosidad de todas las papayas descendió en un 8% con respecto al valor inicial, sin presentar diferencia significativa ($P \geq 0.05$), mientras que para el día 21 la luminosidad en las papayas con tratamiento de 50°C fue 16% menor con respecto al de las control, lo que marco diferencia significativa ($P \leq 0.05$) y la luminosidad promedio de los lotes fue de L^*48 .

Los resultados del presente estudio concuerdan con los de Santamaría *et al.* (2009) que también trabajaron con papaya ‘Maradol’ donde reportaron valores de L^*57 para papaya almacenada por un tiempo de 13-15 días a temperatura de 23°C .

El color interno de la papaya es una variable importante que influye en la cantidad de papaya que ingiere el consumidor. La luminosidad de la pulpa de papaya en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde (Figura 23-A’), al día uno no tuvo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre las papayas control y las tratadas, pero conforme transcurrió el almacenamiento la luminosidad aumentó ligeramente en todas las papayas estudiadas, lo que indicó que el color anaranjado-salmón se intensificó, llegando al fin del almacenamiento a no registrarse diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en la luminosidad de las papayas tratadas y las control teniendo un aumento del 6% con respecto al valor inicial, coincidiendo con lo reportado por Hernández *et al.* (2007) reportando valores de L^*51 en su estudio optimización del tipo de troceado de papaya mínimamente procesada y su efecto en la traslucidez.

En el estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde la luminosidad en pulpa de papaya (Figura 23 B’) al día uno mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre las papayas control y las tratadas, registrándose un 23% mayor luminosidad en los frutos sin tratamiento que los tratados a 50°C . Para el 14° día de almacenamiento, la luminosidad de los frutos no presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre los diferentes tratamientos y el control; sin embargo, los frutos tratados a 50°C fueron 8% menor con respecto a los otros tratamientos, y finalmente a los 20 días de conservación, la luminosidad de las papayas tratadas a 50°C tuvieron 34% mayor luminosidad que los frutos sometidos a los diferentes tratamientos, registrándose un valor promedio de $L = 50$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



El tratamiento de 50° C favoreció la maduración de las papayas, lo que pudo deberse a que la luminosidad en pulpa en este tratamiento al día 21 fue mayor. La luminosidad de las papayas control y las tratadas a 40 y 45° C terminó con un promedio de L*50, valor que coincide con lo reportado por Hernández *et al.* (2007).

Se pudo observar que no hubo diferencia significativa en la luminosidad de las diferentes papayas con respecto a las control, coincidiendo con el estudio de Ramírez *et al.* (2011) quienes mencionaron que los valor de L* en la cáscara y pulpa reflejan que las temperaturas aplicadas no interfieren en el desarrollo del color normal de la pulpa ni en el desarrollo de la luminosidad, ya que la disminución del color verde y el aumento del color amarillo en la cáscara de los frutos de banana Cavendish se llevó a cabo de manera normal.

➤ TONO (°HUE)

El ángulo °Hue o ángulo matiz indica el color de la pulpa donde valores cercanos a 90 indican un color amarillo y valores cercanos a cero indican un color rojo (Briggs, 2001).

En la Figura 24 se analiza el efecto de los tratamientos hidrotérmicos en el tono de la piel y pulpa de papaya ‘Maradol’.

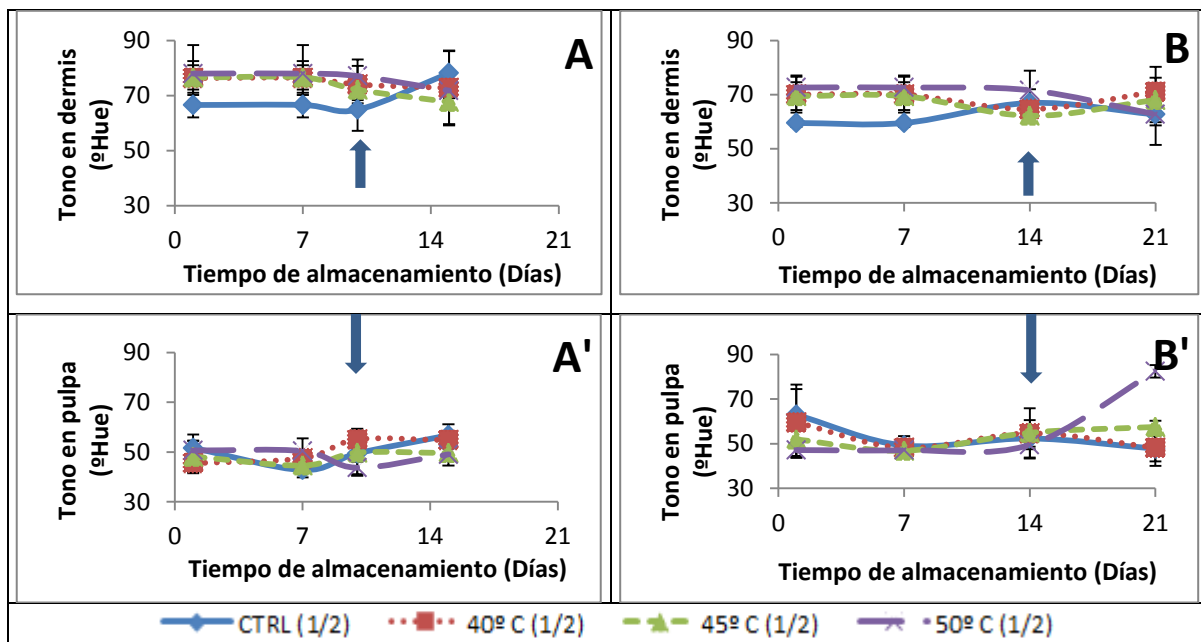
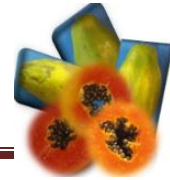


Figura 24. Efecto de tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50° C) en el tono de papaya en dos estadios y dos tejidos **A**) ½ de verde en piel, **B**) ¾ de verde en piel, **A'**) ½ de verde en pulpa y **B'**) ¾ de verde en pulpa. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada punto. La flecha indica la transferencia a temperatura ambiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



El tono de piel de la papaya en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde (Figura 24-A) en el día uno del estudio mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre las papayas tratadas y las control, en un 15%, manteniendo ésta diferencia durante los días 7 y 10 del almacenamiento, mientras que para el día 15 el valor del tono de las control aumentó y el de las tratadas térmicamente disminuyó, por lo que presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en este parámetro. Al final del estudio las papayas tratadas a 50°C fueron las que presentaron 14% mayor tono con respecto a las control, sin presentar diferencia significativa, mostrando un tono promedio de 75°Hue en todas las papayas.

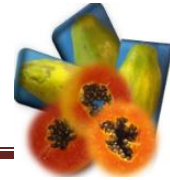
La manifestación del color amarillo durante la maduración del fruto de papaya, está relacionada con cambios en el contenido de pigmentos, principalmente por la degradación de la clorofila, como consecuencia de procesos oxidativos, así como por la síntesis, desenmascaramiento y predominancia de otros pigmentos como los rojos y amarillos (Santos *et al.*, 2005; Wills *et al.*, 1998).

Para el estadio de $\frac{3}{4}$ de verde, el tono en piel de papaya (Figura 24-B) al día uno del estudio mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en las papayas control con respecto a las tratadas térmicamente con una diferencia del 17% que se mantuvo hasta el día siete, posteriormente, las control tendieron a aumentar y las tratadas a 50°C a disminuir, llegando al final del almacenamiento, sin presentar diferencia significativa ($P \geq 0.05$) con un ángulo de 67°Hue aproximadamente.

El ángulo Hue promedio en las papayas en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde fue 10% menor al promedio de los frutos de $\frac{1}{2}$ de verde ambos estados de madurez fueron almacenados en refrigeración pudiendo ser este un factor en el desarrollo del color. Además del evidente color correspondiente a cada estado de madurez.

Abeles *et al.* (1992) y Wills *et al.* (1981) citados por Rocha *et al.* (2005), encontraron que al reducir la temperatura del almacenamiento de la papaya, el desarrollo del color disminuye, por una merma en la degradación de la clorofila, como consecuencia de la reducción en la producción de etileno, sin embargo, tal como lo señalan Paull *et al.* (1997), al ser transferida a temperatura ambiente, puede continuar y llegar a desarrollar el color normalmente.

Respecto al tono en la pulpa de papaya en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde (Figura 24-A') al inicio y al final del estudio no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en este parámetro en



todas las papayas; sin embargo, conforme transcurrió el almacenamiento el comportamiento del tono fue aleatorio tanto en las control como en las tratadas térmicamente con una tendencia a aumentar, teniendo un aumento promedio del día 1 al 15 del 8% , el cambio observado se puede deber a que una papaya en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde ya alcanzó su color interno de consumo, lo que puede justificar esta tendencia constante del tono en este estado de madurez.

El tono en la pulpa de papaya en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde (Figura 24-B') al inicio del estudio mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el tono de las tratadas a 45 y 50° C con respecto a las control, siendo el tono de estas últimas 28% mayor que las primeras, para el día 7 y 14 no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en el tono de los frutos sometidos a los diferentes tratamientos, sin embargo para el día 21 el tono de las papayas control disminuyó con respecto al día uno, por el contrario el tono de las tratadas a 50°C aumentó un 50% con respecto a las control, físicamente se apreció que el color de la pulpa de la papaya para el tratamiento de 50°C fue amarilla, mientras que para los otros lotes fue amarillo salmón, ambos colores son característicos de la variedad 'Maradol', y a esta diferencia de tonos se atribuyó la diferencia que estadísticamente se presentó en el día 21.

De manera general no hubo diferencia significativa en todas las papayas, al igual que en el estudio por Ramírez *et al.* (2011) en bananos Cavadish la temperatura no tuvo efecto en el desarrollo en tono tanto para piel como para pulpa. Los valores del ángulo en este estudio fueron muy cercanos a los que reportó Pérez-Carrillo y Yahia, (2004) en su estudio en papaya mínimamente procesada donde para cáscara reportaron un tono entre 70 y 80° Hue, y para pulpa 60° Hue.

Por su parte Gutiérrez y Juárez (2011) en su estudio efecto del tratamiento de irradiación gamma e hidrotérmico en el control de antracnosis en papaya, reportaron un valor de 75° Hue en piel de papaya tratada hidrotérmicamente en condiciones de 49°C / 20 min, resultados similares al presente estudio.

➤ CROMA

Este concepto representa la pureza o intensidad de un color particular, la viveza o palidez del mismo. Un color intenso es muy vivo. Cuanto más se satura un color, mayor es la impresión de que el objeto se está moviendo. También puede ser definido por la cantidad de

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



gris que contiene un color: mientras más gris o más neutro es, menos brillante o menos “saturado” (Moreno, 2004).

La cromaticidad de la piel de la papaya en estado de madurez ½ de verde (Figura 25-A) presentó una tendencia de disminución del croma, esta tendencia indicó que la papaya perdió un 9% de la viveza de su color transcurridos los 15 días, lo que puede atribuirse al comienzo de la senescencia de la papaya; sin embargo, desde el día uno hasta el día 15 de almacenamiento, no presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en todos los frutos sometidos a los diferentes tratamientos.

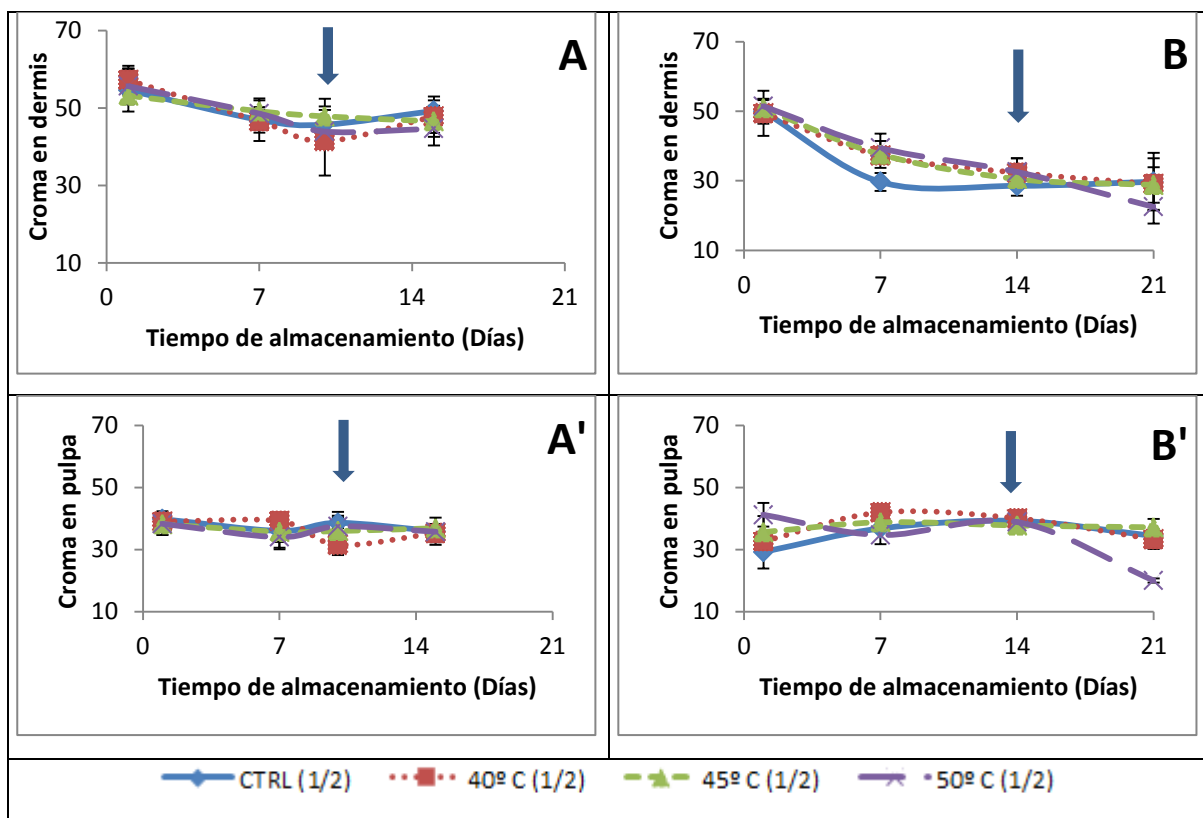


Figura 25. Efecto de tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50° C por 20 min) en el croma de papaya ‘Maradol’ en dos estadios y dos tejidos **A)** ½ de verde en piel, **B)** ¾ de verde en piel, **A’)** ½ de verde en pulpa y **B’)** ¾ de verde en pulpa. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada punto, La flecha indica la transferencia a temperatura ambiente.

Ahora bien, la cromaticidad en la piel de papaya en ¾ de verde (Figura 25-B), en los diferentes días de estudio no presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre control y tratamientos, sin embargo el croma de las papayas tratadas a 50°C mostraron 20% menos



croma que las frutas con los diferentes tratamientos para el día 21 todos los lotes perdieron un 38% la viveza de su color con respecto al día uno del almacenamiento.

El croma en la pulpa de papaya en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde (Figura 25-A') no mostró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en los diferentes días evaluados, llegando al final del almacenamiento con un croma promedio de C^*38 , 8% menos croma con respecto al volar inicial.

El croma en la pulpa de papaya en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde (Figura 25-B') al inicio del almacenamiento presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en las papayas tratadas a 50° C con respecto a las control con una diferencia del 29%; para el día 14 no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en el croma de la pulpa de todos los frutos con y sin tratamientos el valor promedio de cromaticidad fue de C^*39 , finalmente para el día 21 el croma de las tratadas a 50° C disminuyó significativamente 47% menos con respecto a las de $40, 45^\circ$ C y las control.

Se puede decir que no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en el croma de todas las papayas, pues aunque el croma disminuyó considerablemente conforme transcurrió el almacenamiento el efecto se observó tanto para las papayas tratadas como en las control, lo que se atribuye a un proceso de maduración a senescencia normal por el que pasan los frutos.

4.2.1.3. APRECIACIÓN VISUAL DE LOS CAMBIOS EN EL COLOR EXTERNO E INTERNO DE PAPAYA 'MARADOL' TRATADA TÉRMICAMENTE.

La apreciación visual de color es importante para el consumidor, por lo mismo en la Tabla 17 se muestra el seguimiento de color externo en papayas $\frac{1}{2}$ de verde con y sin tratamiento hidrotérmico durante el tiempo de almacenamiento.

A partir del día 1 al día 15 las papayas en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde mostraron un color amarillo-salmón característico de la papaya 'Maradol', no se observaron quemaduras en piel, daños mecánicos o abrasiones; aparentemente todas las papayas se encontraron en estado óptimo para ser comercializadas, por consiguiente la evaluación física de color y firmeza realizada a través de los sentidos ojo y tacto en este estudio permitieron concluir que el empleo de temperatura físicamente no generó diferencia aparentemente visible entre las papayas tratadas con respecto a las control.

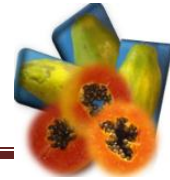


Tabla 17. Cambios visuales en la apariencia física externa de las papayas en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde sin y con tratamiento hidrotérmico (40, 45 y 50°C / 20 min).

DÍA	TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO, PAPAYA MRADOL, $\frac{1}{2}$ DE VERDE			
	CONTROL	40° C	45° C	50° C
1				
7				
10				
15				

El seguimiento de color en la piel de papaya ‘Maradol’ en estadio de madurez $\frac{3}{4}$ de verde (Tabla 18) se realizó durante los 20 días de almacenamiento.

Al inicio de este estudio se observa como el color de las papayas en este estado de madurez fue un verde intenso con pequeñas zonas en amarillo, y conforme transcurrió el almacenamiento se observó como la clorofila se fue degradando paulatinamente tanto para las papayas control como para las tratadas, sin embargo, aún para el día 20 las papayas no alcanzaron el color idóneo para salir al mercado, es importante destacar que estas papayas no se trataron con etileno por lo cual la maduración al día 20 no se alcanzó, por otra parte no se observó un efecto de los tratamientos en la papayas tratadas con respecto al control, físicamente se observó que la piel perdió brillo, probablemente debido al tiempo de almacenamiento, aun así se puede afirmar que el empleo de tratamiento hidrotérmico no influyó en la apariencia física de las papayas empleadas en este estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

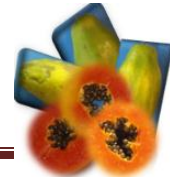
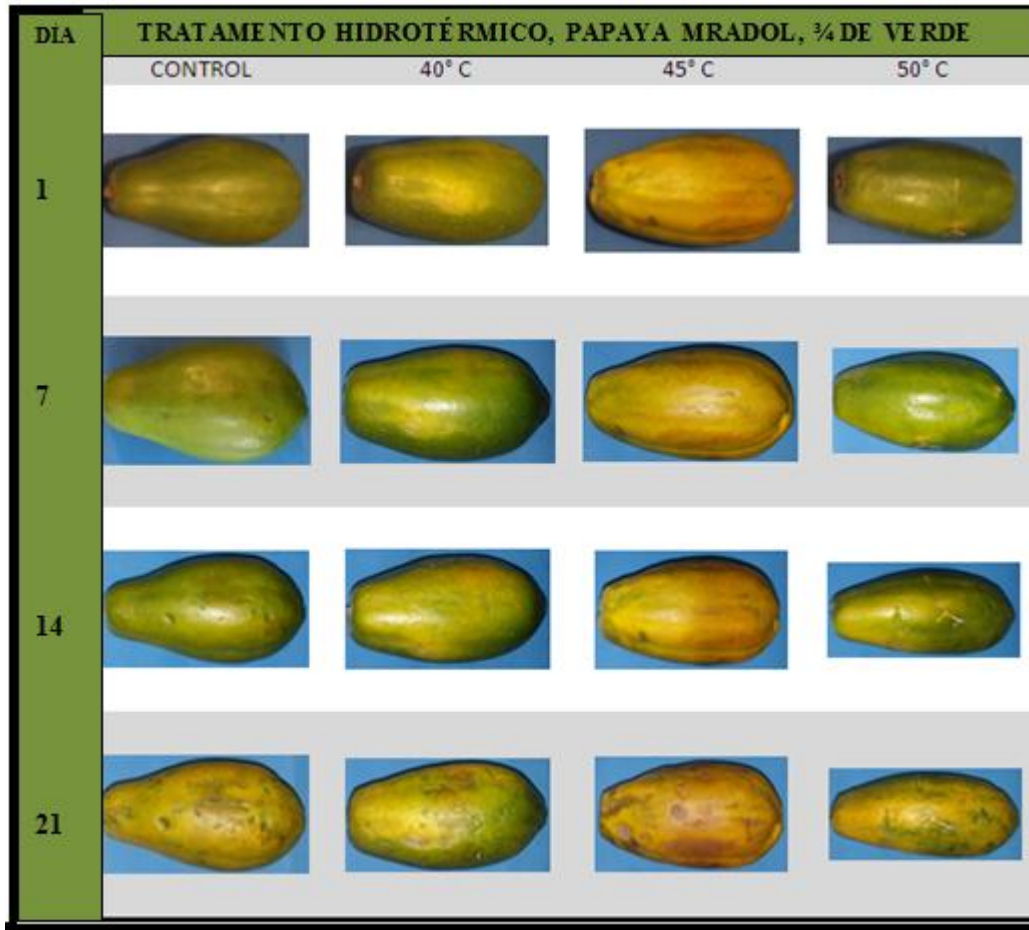


Tabla 18. Cambios visuales en la apariencia física externa de las papayas en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde sin y con tratamiento hidrotérmico (40, 45 y 50°C / 20 min).



El color interno de la papaya va a influir en el consumo de ésta, y en la buena aceptación al degustar el fruto. La Tabla 19 se muestra el color interno de la papaya en estadio de madurez $\frac{1}{2}$ de verde, de manera general se observó que en el día 1 todas las papayas mostraron un color salmón pálido, en este punto la papaya aún no estaba lista para ser consumida, a partir del día 5, mostraron un color aceptable y apetitoso, indicando que ya podían ser consumidas, por otra parte en el día 15 se observó una diferencia muy marcada de color entre salmón y amarillo ambos colores fueron aceptables para consumo y también son características de esta variedad, visualmente no hubo efecto de los tratamientos hidrotérmicos en el color interno de las papayas tratadas y las control, por lo tanto se puede emplear el tratamiento hidrotérmico con una temperatura de 50°C para intentar controlar *Salmonella*.



Tabla 19. Cambios visuales en la apariencia física interna de las papayas en estado de madurez ½ de verde sin y con tratamiento hidrotérmico (40, 45 y 50°C / 20 min).

DÍA	COLOR INTERNO DE LA PAPAYA 'MARADOL' ½ DE VERDE			
	CONTROL	40° C	45° C	50° C
1				
7				
10				
15				

El color interno en las papayas en estado ¾ de verde visiblemente fue más apreciable; la pulpa cambia de un color blanco-salmón a un amarillo-salmón (Tabla 20).

Al inicio de este estudio el color interno de las papayas evaluadas al día 1 presentaron un color blanco con salmón y al paso de los días se observó como las zonas blancas (no maduras) se tornaron a un color amarillo hasta llegar al día 21, no se apreció diferencia en el color de las papayas tratadas con respecto a las control, por lo que para acelerar la maduración de la papaya una opción es tratarlas con etileno de esta manera se logra un color uniforme en la piel y en la pulpa; sin embargo, estas papayas tanto en la apreciación externa como interna indicó que no alcanzaron las características de la madurez comercial,



y que el empleo de tratamiento hidrotérmico no afectó en el desarrollo del color interno de estás.

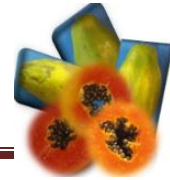
Tabla 20. Cambios visuales en la apariencia física interna de las papayas en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde sin y con tratamiento hidrotérmico (40, 45 y 50°C / 20 min).

DÍA	COLOR INTERNO DE LA PAPAYA 'MARADOL' $\frac{3}{4}$ DE VERDE			
	CONTROL	40° C	45° C	50° C
1				
7				
14				
21				

4.2.1.4. FIRMEZA

Uno de los mayores cambios asociados con la maduración de los frutos es la pérdida de firmeza, favorecida por la acción de enzimas como las hidrolasas, inducidas por el etileno (Thumde *et al.*, 2007, citados por Sañudo *et al.*, 2008), y que degradan los hidratos de carbono poliméricos, principalmente los de las sustancias pépticas y las hemicelulosas, lo que debilita las paredes celulares y la fuerza en que se mantienen unidas las células (Wills *et al.*, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



La firmeza es de los parámetros más importantes que el consumidor considera para adquirir un fruto, la Figura 26 corresponde a los cambios de firmeza en papaya de dos estadios de madurez.

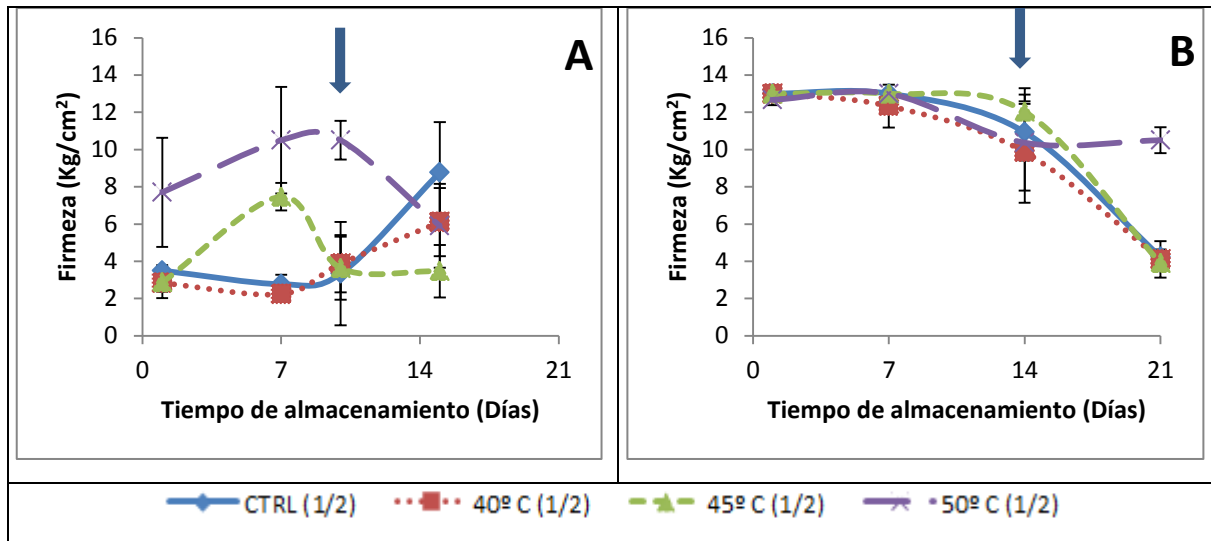
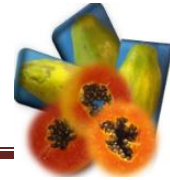


Figura 26. Efecto de tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50° C por 20 min) en la firmeza de papaya ‘Maradol’ en dos estadios, **A**) ½ de verde en piel, **B**) ¾ de verde en piel. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada punto. La flecha indica la transferencia a temperatura ambiente.

La firmeza de la papaya en estado de madurez ½ de verde (Figura 26-A), al inicio del estudio mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre las papayas tratadas a 50° C que presentaron 52% mayor firmeza con respecto a las demás papayas, para el día 10 la firmeza de las papayas tratadas a 50°C siguió siendo 60% más firme que las demás, por lo que para este día también hubo diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$), para el día 15 este parámetro disminuyó a 5.8 Kg/cm² en papayas tratadas a 50°C coincidiendo con las tratadas a 40°C, mientras que las control tuvieron 60% mayor firmeza con respecto a las tratadas a 45° C, y también se vio diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

De manera general este parámetro presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) siendo las papayas tratadas a 50° C las que generaron esta diferencia, por contar con una firmeza superior a las demás.

Para la papaya en estado de madurez ¾ de verde (Figura 26-B) al primer día del almacenamiento no se observó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en todas las papayas, conforme fueron madurando, la firmeza disminuyó gradualmente, alcanzando al final del



almacenamiento un 59% mayor firmeza de los frutos tratadas a 50° C con respecto al resto de los tratamientos. Al final del almacenamiento las papayas control así como las tratadas a 40 y 45°C perdieron 69% de su firmeza con respecto al valor inicial, mientras que las tratadas a 50°C solamente perdieron el 15%, una posible explicación a este comportamiento, puede deberse a que la temperatura de 50° C pudo haber retardado la maduración por ello la firmeza fue mayor en este tratamiento y en este estadio $\frac{3}{4}$ de verde. Estadísticamente analizado de manera general este estudio en el estadio de $\frac{1}{2}$ de verde si mostró efecto de los tratamientos sobre la firmeza del fruto esto pudo deberse a que las papayas ya se encontraban cerca del 75% de su totalidad amarilla, y el tratamiento aceleró la maduración, por ello la aleatoriedad y los bajos valores de firmeza en la evaluación durante el almacenamiento, sin embargo para el estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde el panorama fue distinto, de manera general no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) teniendo similitud con los resultados que presentó De La Cruz *et al.*, (2007), en su estudio del efecto de la maduración acelerada de la papaya.

4.2.1.5. pH

Los alimentos se clasifican como ácidos o alcalinos de acuerdo al efecto que tienen en el organismo humano después de la digestión y no de acuerdo al pH que tienen en sí mismos. Es por esta razón que el sabor que tienen no es un indicador del pH que generaran en nuestro organismo una vez consumidos (Reardon, 2012).

Muchas veces un alimento de sabor ácido tiene un efecto alcalino, por ejemplo las frutas cítricas; el limón es alcalino porque los minerales que deja en el cuerpo después de la digestión ayudan a eliminar iones de hidrógeno y disminuir la acidez del cuerpo (Reardon, 2012).

Generalmente cuando los frutos se cosechan en estado de madurez verde maduro, el pH de la pulpa es alto, pero al progresar la maduración el pH cae. En la Figura 27 se muestra el efecto de los tratamientos hidrotérmicos en el pH de las papayas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

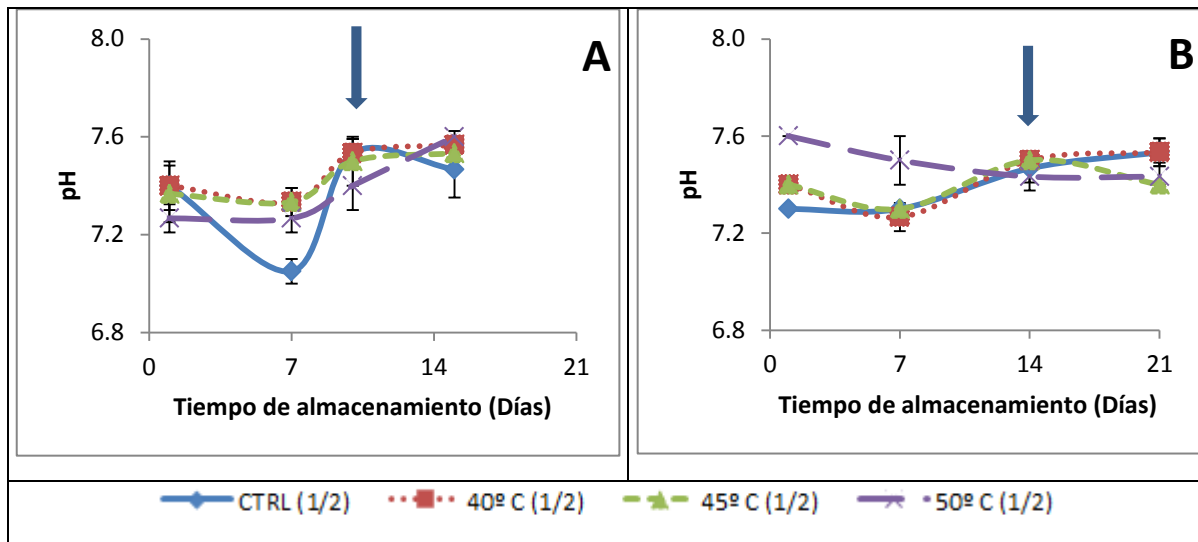
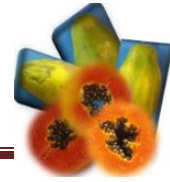


Figura 27. Efecto de tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50° C por 20 min) en el pH de papaya 'Maradol' en dos estadios **A**) ½ de verde, **B**) ¾ de verde. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada punto. La flecha la transferencia a temperatura ambiente.

El pH en la pulpa de la papaya en estado de madurez ½ de verde (Figura 27-A), al primer y décimo día de estudio, presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el pH de las papayas tratadas a 50° C y el pH de los frutos con los diferentes tratamientos térmicos, teniendo 2% menos pH las primeras con respecto a las demás, finalmente a los 15 días se llegó a un promedio de 7.5 y sin diferencia significativa ($P \geq 0.05$). El pH aumentó en promedio 2% al fin del almacenamiento con respecto al valor inicial.

Para la papaya en estado de madurez ¾ de verde (Figura 27-B), al primer día de estudio con un valor superior del 4% las tratadas a 50°C mostraron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el pH con respecto a las control, para el día 14 y 21 no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en todas las papayas evaluadas, concluyendo al día 21 con un pH promedio de 7.5.

De manera general no existió diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre todas las papayas estudiadas, el pH se mantuvo constante conforme transcurrió el almacenamiento, lo que puede atribuirse a que el pH es un factor a considerar para la cosecha de la papaya y éste ya no tiene cambios significativos durante su almacenamiento; los resultados de éste estudio coincidiendo con lo que reportó Hernández *et al.* (2007), quienes también trabajaron con papaya durante los 10 días que duró su almacenamiento afirmaron que el pH se mantuvo constante.



4.2.1.6. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (SST)

Uno de los aspectos que refleja la madurez es el comportamiento de los sólidos solubles totales (SST) o grados Brix ($^{\circ}\text{Bx}$). El contenido de SST está constituido por 80 a 95% de azúcares y la medida de SST se encuentra asociada con los azúcares disueltos en el jugo celular (Osterloh *et al.*, 1996); estos autores afirman que la cantidad de azúcares en el fruto depende principalmente de la variedad, del rendimiento asimilatorio de las hojas, de la relación hoja/fruto, de las condiciones climáticas durante el desarrollo del fruto, del estado de desarrollo y de la madurez.

La acumulación de los azúcares se asocia con el desarrollo de la calidad óptima para el consumo; aunque los azúcares pueden ser transportados al fruto por la savia, también son aportados por el desdoblamiento de las reservas de almidón de los frutos (Wills *et al.*, 1998). La Figura 28 corresponde a los sólidos solubles en papaya ‘Maradol’ posterior a los tratamientos, para ambos estados de madurez $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de verde.

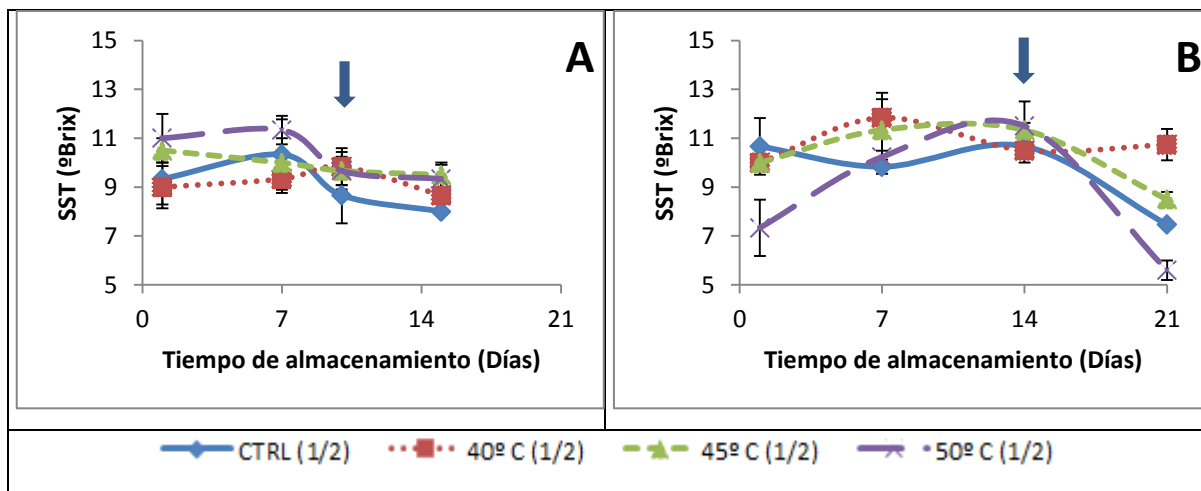


Figura 28. Efecto de tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50 $^{\circ}$ C por 20 min) en los sólidos solubles totales de papaya ‘Maradol’ en dos estadios y dos tejidos **A**) $\frac{1}{2}$ de verde en pulpa y **B**) $\frac{3}{4}$ de verde en pulpa. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada punto. La flecha indica la transferencia a temperatura ambiente.

El contenido de sólidos solubles en la papaya en estado de madurez de $\frac{1}{2}$ de verde (Figura 28-A) no mostró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en el primer día del estudio, mantuvo una tendencia lineal, llegando al día 15 con un promedio de 10 $^{\circ}$ Brix; sin diferencia significativa entre los frutos con los diferentes tratamientos térmicos, indicando que la



papaya ‘Maradol’ en este estado de madurez ha alcanzado la madurez comercial y puede ser consumida.

Los sólidos solubles con respecto al estado de madurez de $\frac{3}{4}$ de verde (Figura 28-B) al primer día del estudio mostraron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con 30% menos de SST en las papayas tratadas a 50°C con respecto a las demás, para el día 14 el promedio de SST en todas las papayas evaluadas fue de 11°Brix y no se presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre las tratadas con respecto a las control. Finalmente al día 21, todas las papayas evaluadas presentaron disminución en el contenido de azúcares, marcando diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en los $^\circ\text{Brix}$ de todas las papayas, la disminución de los SST puede deberse a que una vez que se efectúa la transferencia de las papayas a temperatura ambiente las rutas metabólicas funcionan de manera normal y comienza a generar energía (respiración) mediante el empleo de azúcares (Heredia *et al.*, 1997).

De manera general no hubo efecto significativo de los tratamientos en el parámetro de $^\circ\text{Brix}$, y los valores que este estudio reportó fueron similares a los reportados por Umaña *et al.* (2011), quienes también trabajaron con papaya y obtuvieron que al inicio del almacenamiento fueron de 11.1 y al final de 10.7.

4.2.1.7. ACIDEZ TITULABLE

Generalmente los ácidos orgánicos disminuyen durante la maduración, ya que son sustratos respiratorios o son convertidos en azúcares. De tal forma, que estos pueden ser considerados una fuente de energía, que disminuye durante la actividad metabólica que se desarrolla durante la maduración (Heredia *et al.*, 1997).

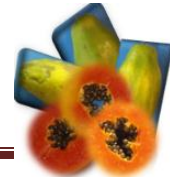
Los precursores de los ácidos orgánicos, en su mayoría, son otros ácidos orgánicos o azúcares (Kays, 2004).

Aparte de su importancia bioquímica, los ácidos orgánicos contribuyen en gran parte al sabor, en una relación típica entre azúcares y ácidos en las diferentes especies de frutales (Willset *et al.*, 1998).

La Figura 29 muestra el efecto de los tratamientos hidrotérmicos en la acidez de la papaya en ambos estados de madurez $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de verde.

Al inicio del almacenamiento la acidez en la papaya en el estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde (Figura 29-A), mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en los frutos tratados a 50°C con

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



respecto a las tratadas siendo 30% menor su acidez de las primeras comparado con el resto. Al fin del almacenamiento (15 días) la acidez disminuyó en promedio 30 % con respecto al valor inicial, esto debido a que se trató de un estado de madurez medio, donde ocurre la conversión a azúcares y transformación de los ácidos en energía, mismos que son empleados en la respiración de este fruto climatérico (Heredia *et al.*, 1997).

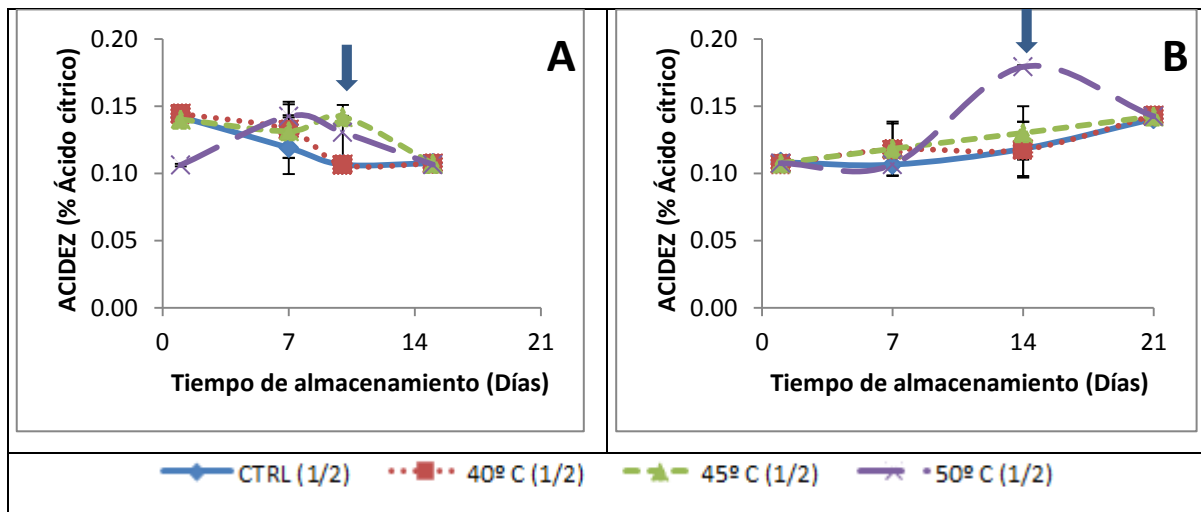
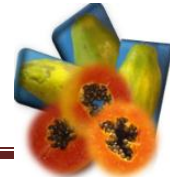


Figura 29. Efecto del tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50° C por 20 min) en la acidez de papaya ‘Maradol’ en dos estadios **A**) ½ de verde en pulpa, **B**) ¾ de verde en pulpa. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada punto. La flecha indica la transferencia a temperatura ambiente.

Para la papaya en estado de madurez ¾ de verde (Figura 29-B) en cuanto a acidez se refiere en el día uno todas los frutos tratados a las diferentes temperaturas no presentaron diferencia significativa ($P \geq 0.05$), mientras que para el día 14 las papayas sometidas a 50° C aumentaron su acidez 35% con respecto a las demás mostrando diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en este parámetro lo que puede deberse a heterogeneidad de los lotes. Finalmente al día 21 del almacenamiento no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre tratamientos con respecto al control.

De manera general los tratamientos hidrotérmico no generaron diferencia significativa en el parámetro de acidez en las papayas, los valores de acidez de este estudio se encontraron 0.5 unidades por arriba a los reportados por Umaña *et al.* (2011) y Sañudo *et al.* (2008) en su estudio efecto del grado de madurez y las condiciones de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas de la papaya híbrido pococí.



4.2.2. PARÁMETRO NUTRIMENTAL

4.2.2.1. VITAMINA C

La vitamina C es hidrosoluble, sensible al calor, químicamente es ácido L-ascórbico y sus sales, los ascorbatos (los más comunes, que son ascorbatos de sodio y de calcio) (Ácido Ascórbico, 2012).

En los alimentos, la vitamina C está presente sobre todo en la fruta y la verdura. Sin embargo, su contenido disminuye al hervir, secar o remojar los alimentos. Cítricos como las naranjas, limones y uvas contienen mucha vitamina C en su estado maduro directamente después de la cosecha (Ácido Ascórbico, 2012).

En la Figura 30 se analiza el efecto de los tratamientos hidrotérmicos en el parámetro de vitamina C en dos estados de madurez $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de verde.

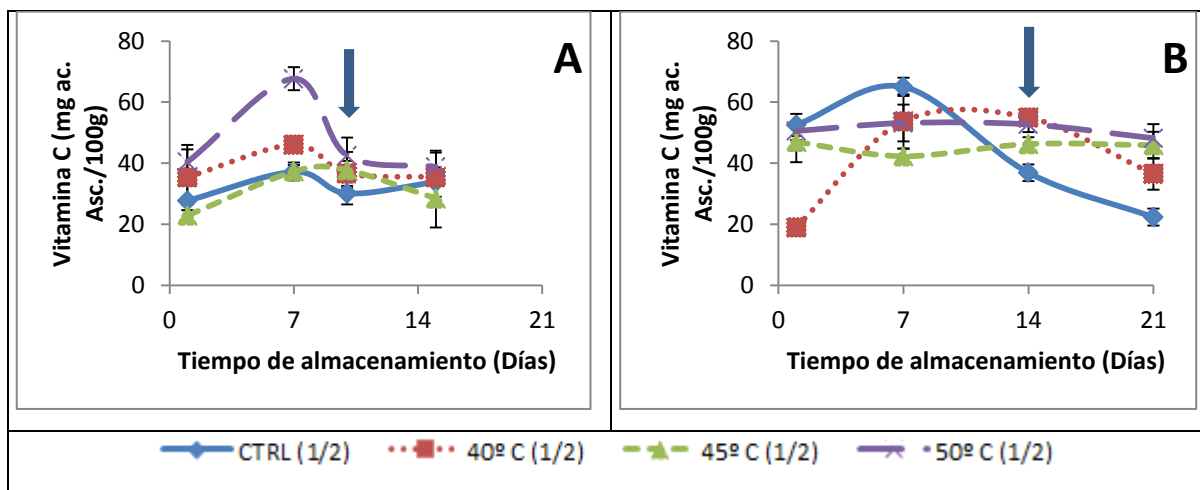
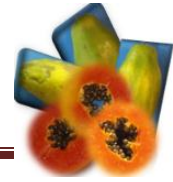


Figura 30. Efecto del tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50° C por 20 min) en la vitamina C, expresada en mg de ácido ascórbico en papaya 'Maradol' en dos estadios **A)** $\frac{1}{2}$ de verde en pulpa, **B)** $\frac{3}{4}$ de verde en pulpa. Las barras verticales indican la desviación estándar de cada punto. La flecha indica la transferencia a temperatura ambiente.

En la Figura 30-A se observa el contenido de vitamina C de las papayas en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde expresada mg de ácido ascórbico, durante los primeros 7 días aproximadamente las papayas sometidas al tratamiento de 50°C presentó 43% más contenido de ácido ascórbico que los frutos con los otros tratamientos y las control generando diferencia significativa ($P \leq 0.05$). Para el fin del almacenamiento no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en las papayas tratadas térmicamente, sin embargo, los valores calculados del contenido de ácido ascórbico estuvo por debajo del valor teórico el



cual tuvo que ser entre 35.5-71.3 mg por cada 100 (ASERCA, 1999), lo que puede deberse a que a vitamina C es termosensible y se pierde muy fácil conforme transcurre el tiempo. Al final del almacenamiento el comportamiento fue similar en todas las papayas por lo que no presentaron diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en el contenido de vitamina C.

Comportamiento similar se observó en la Figura 30-B donde las papayas en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde, al inicio del almacenamiento presentaron un contenido de vitamina C dentro de los valores reportados bibliográficamente; sin embargo, para el día 7 las control estuvieron por arriba de lo que se reporta en la literatura implicando diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con el resto de los tratamientos. Al concluir del almacenamiento las papayas con tratamiento estuvieron 55% por arriba de las control que cayeron abajo del límite establecido por ASERCA (1999), de los anteriores resultados se puede decir que el tratamiento hidrotérmico a temperatura de 50° C, no causó efecto estadístico sobre el contenido de vitamina C en ninguno de los dos estadios comparados con las papayas control.

En el estudio realiza por Acosta (2006) en la calidad de mango ‘Ataulfo’ sometido a tratamiento hidrotérmico, tampoco hubo efecto en el parámetro de vitamina C del mango sometido a u tratamiento de 46.1° C durante 75 min y almacenado a 13° C por 3 semanas.

4.2.3. EVALUACIÓN SENSORIAL

El análisis sensorial de los alimentos parte de cinco parámetros básicos: color, olor, sabor, textura y gusto. A través del color pueden identificarse posibles alteraciones en el producto, pero el olor es esencial ya que de él dependerá el sabor final (Chavarría, 2009)

La Figura 31 muestra la comparación de las papayas sometidas a tratamientos con respecto a las control en ambos estados de madurez $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de verde.

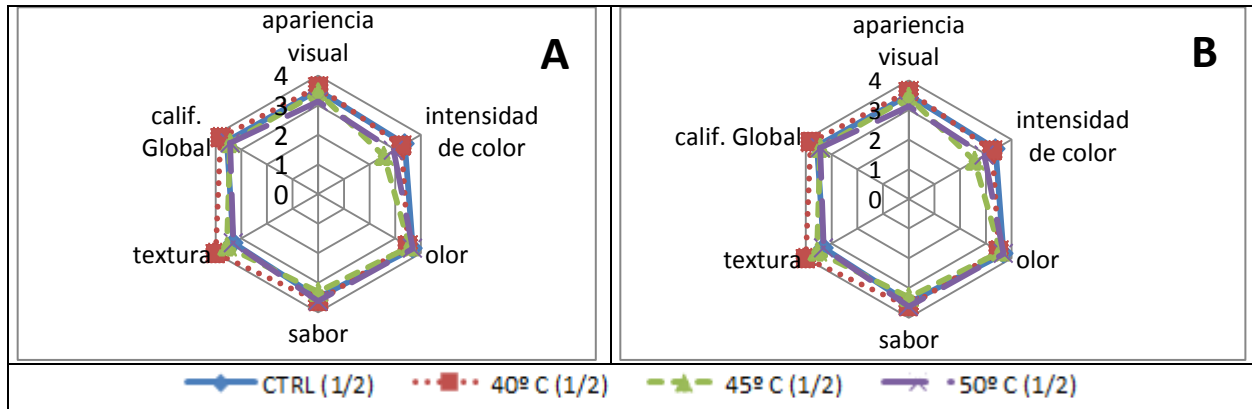
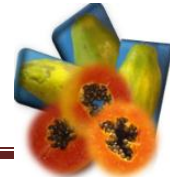
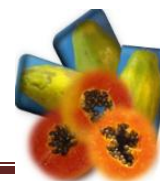


Figura 31. Efecto del tratamiento hidrotérmico a diferentes temperaturas (40, 45 y 50° C por 20 min) en parámetros sensoriales de mayor importancia en escala hedónica de 5 puntos en papaya ‘Maradol’ en dos estadios **A**) ½ de verde en pulpa, **B**) ¾ de verde en pulpa.

La evaluación sensorial mostró que para ambos estados de madurez las papayas sometidas a los diferentes tratamientos hidrotérmicos no tuvieron efecto significativo ($P \geq 0.05$) en los parámetros de apariencia visual, olor, sabor, con respecto a las control pues estos parámetros fueron calificados como buenos por los panelistas (calificación ‘4’), por otra parte el consumidor aseguró que la textura era firme y el color era naranja-salmón, un color característico y agradable a la vista, como calificación global considerando todos los parámetros no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en todas las papayas estudiadas asegurando que el producto fue bueno (calificación 4), por lo que por esta evaluación no rechazaría ninguno de los tratamientos.

Sin embargo, en el estudio realizado por Pérez-Rivero *et al.* (2004) en mangos sometidos a tratamiento hidrotérmico a 46.1° C por 90 min y almacenados a 10° C por 18 días y transferidos a temperatura ambiente por 9 días más, al final del almacenamiento sus jueces afirmaron que las muestras de los mangos estudiados presentaron olor y sabor característico del fruto fresco. Por lo tanto a temperaturas altas con periodos largos de exposición no se alteran las propiedades sensoriales de mayor importancia de éstos frutos.



4.3. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS POR IRRADIACIÓN UV-C EN LOS PARÁMETROS DE CALIDAD, NUTRIMENTALES Y SENSORIALES DE PAPAYA ‘MARADOL’ EN DOS ESTADIOS DE MADUREZ.

4.3.1. PARAMETROS DE CALIDAD

4.3.1.1. PÉRDIDA DE PESO

La pérdida de peso en las papayas tratadas 30 y 40 min de irradiación UV-C para ambos estadios de madurez mostró una tendencia a aumentar con respecto al tiempo de almacenamiento (Figura 32).

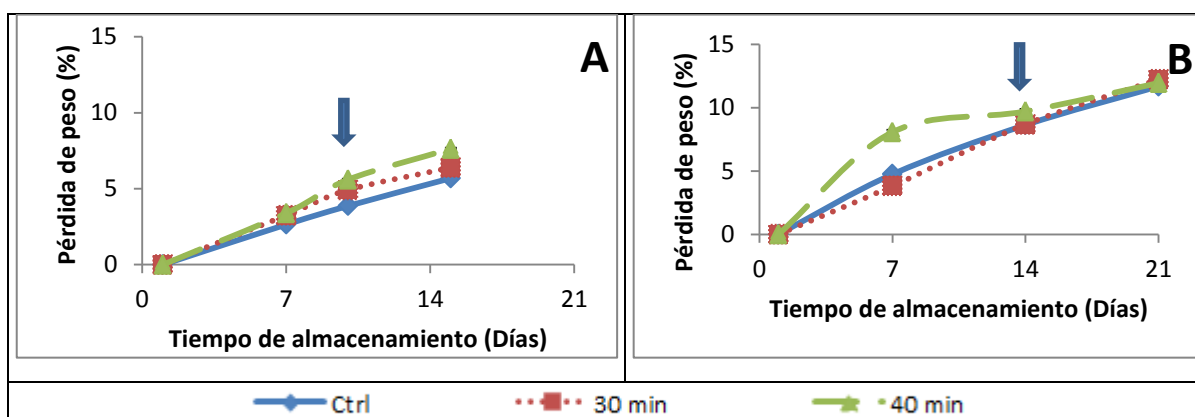
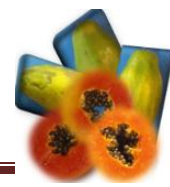


Figura 32. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en la pérdida de peso de la papaya ‘Maradol’ en dos estadios **A)** ½ de verde, **B)** ¾ de verde. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar, y la flecha la transferencia a temperatura ambiente.

Las papayas control de ½ de verde (Figura 32-A), a los 10 días presentaron una pérdida de 3.9%, mientras que las tratadas registraron valores de 4.9 y 5.6% de pérdida de peso respectivamente; presentando 25.7% menor pérdida de peso las papayas sin tratamientos en comparación con las tratadas, mientras que a los 15 días las control tuvieron 25% menor pérdida de peso con respecto a las papayas irradiadas por 40 min.

Por otro lado en el estadio de ¾ de verde (Figura 32-B), a los 7 días de estudio, las papayas irradiadas por un tiempo de 40 min presentaron 40% mayor pérdida de peso que las demás papayas, presentando diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en este parámetro, sin embargo al final del estudio no hubo diferencia ($P \geq 0.05$) en la pérdida de peso entre las frutas sin y con tratamiento, mostrando un 12% de pérdida.



Las papayas de $\frac{3}{4}$ de verde presentaron 34% mayor pérdida de peso que las de estadio de $\frac{1}{2}$ de verde, coincidiendo con la evaluación en el tratamiento hidrotérmico, pudiendo ser la diferencia debido a que las papayas de $\frac{3}{4}$ se almacenaron por mayor tiempo que las de $\frac{1}{2}$, además de que se encontraban en un estado de madurez menor. Además de que al ser expuestas a tiempos largos de irradiación (40 y 30 min) se pudo dañar la estructura celular de las papayas y éstas a su vez ser más sensibles a la pérdida de peso (Gardea-Béjar, 2007). De manera general se puede decir que hubo mayor pérdida de peso en las papayas de $\frac{3}{4}$ de verde que en las de $\frac{1}{2}$ siendo el estado de madurez un factor significativo para la selección de los tratamientos aplicados. Sin embargo, al analizar el efecto de los tratamientos en las papayas de $\frac{3}{4}$ de verde no hubo diferencia significativa por el tiempo de exposición a la irradiación UV-C no así en las de $\frac{1}{2}$, por lo que se sugiere hacer el tratamiento de irradiación a papayas de $\frac{3}{4}$ ó tiempos menores a 30 min para que no se vean dañadas las papayas en la este parámetro.

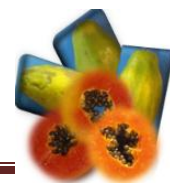
4.3.1.2. COLOR

➤ LUMINOSIDAD

La luminosidad de la piel de papaya a $\frac{1}{2}$ de verde (Figura 33-A) se mantuvo constante con un promedio de L^*55 , esto probablemente a que las papayas alcanzaron su madurez comercial y su luminosidad fue la óptima, para los 10 días mostraron una $L^* 50$ y a los 15 días la luminosidad de todas las papayas en promedio fue de L^*55 sin presentar diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre las papayas control y las sometidas a los diferentes tratamientos. La luminosidad en piel de papaya para ambos estados de madurez durante todo el almacenamiento no presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$).

Por otra parte en la piel de las papayas a $\frac{3}{4}$ de verde (Figura 33-B) el comportamiento fue muy aleatorio, sin presentar diferencia significativa ($P \geq 0.05$) durante todo el almacenamiento en todas las papayas evaluadas, al inicio la luminosidad fue de L^*55 , a los 14 días se alcanzaron valores de L^*65 y finalmente a los 20 días de L^*48 , siendo éste el valor de luminosidad más bajo durante todo el almacenamiento y al mismo tiempo menor al que presentaron las papayas en el estadio $\frac{1}{2}$ de verde probablemente debido a que el tiempo de almacenamiento fue mayor en las papayas de $\frac{3}{4}$ de verde, también puede deberse a que

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



la irradiación UV-C retrasa la degradación de la clorofila, mismo efecto que se presenta en el estudio de brócoli (*Cicco*), en el cual aumenta la actividad de clorofilasa en almacenamiento (Costa *et al.*, 2006). Los resultados del presente trabajo concuerdan con el estudio de Gutiérrez y Juárez (2011), de irradiación gamma e hidrotérmico para el control de antracnosis en papaya, ya que el tratamiento de irradiación gamma no tuvo efecto en la luminosidad de las mismas.

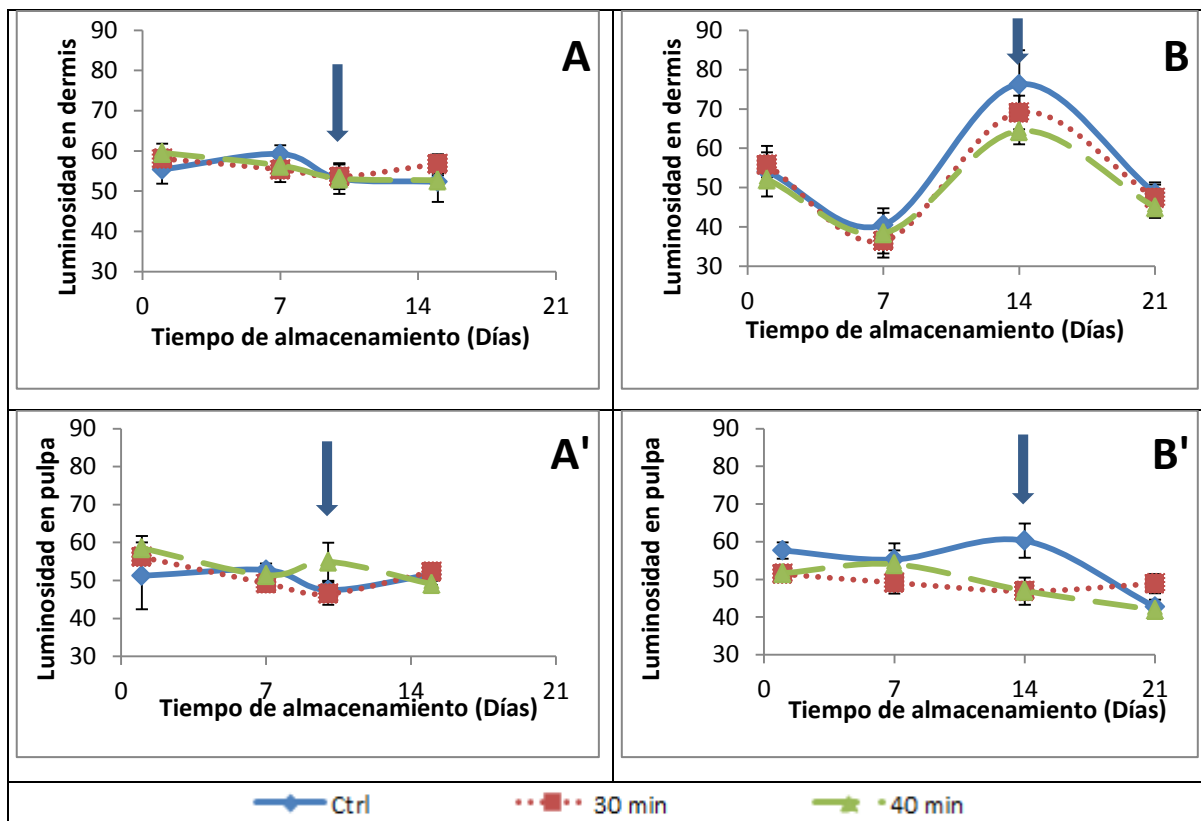
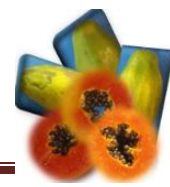


Figura 33. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en la luminosidad de papaya 'Maradol' en dos estadios y dos tejidos **A)** ½ de verde en piel, **B)** ¾ de verde en piel, **A')** ½ de verde en pulpa y **B')** ¾ de verde en pulpa. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar, y la flecha indica la transferencia a temperatura ambiente.

La luminosidad interna en las papayas ½ de verde (Figura 33A') no presentaron diferencia significativa ($P \leq 0.05$) durante el almacenamiento, partiendo de valores de L^*56 y descendiendo al día 15 a una L^*52 , visualmente no se observó un cambio ni efecto por los tratamientos.



Por otra parte en cuanto a la luminosidad interna para este estadio de madurez $\frac{3}{4}$ de verde (Figura 33-B') al inicio del almacenamiento presentaron una L^*55 , para el día 14 se presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre las papayas tratadas y las control que tuvieron una luminosidad superior en un 20%, y al final del almacenamiento no hubo diferencia significativa en todas las papayas evaluadas.

La luminosidad de las papayas tanto interna como externa no se vio afectada por la irradiación UV-C. Los tiempos de exposición de las papayas a la luz ultravioleta, no presentaron diferencia significativa sobre la luminosidad de las mismas, siendo estos resultados positivos en comparación con los estudios de González-Barrio *et al.* (2005) en uva de mesa cv. "superior", en el que afirman que de ser un tratamiento severo puede tener como consecuencia el oscurecimiento del fruto durante el almacenamiento, o bien en el estudio realizado por Piga *et al.* (1997) en pera (*Giulla*) en el que concluye que el tratamiento no tiene efecto contra el deterioro y causa daño en la dermis del fruto.

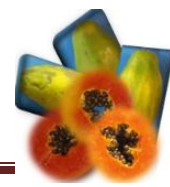
➤ TONO (°HUE)

La Figura 34 presenta el estudio del efecto del tratamiento de la irradiación UV-C en la papaya tanto externa como la parte interna en los dos estadios de madurez $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de verde.

En la Figura 34-A el tono de la piel de papaya en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde indicó que la papaya tuvo un color amarillo-salmón muy uniforme en todo el lote, por la tendencia lineal y constante de las rectas, al inicio del almacenamiento el tono promedio en todas las papayas fue de 80° Hue, y al término el almacenamiento de 72° Hue, no presentó diferencia significativas ($P \geq 0.05$) por los tratamientos aplicados con respecto a las papayas control durante el almacenamiento.

El tono en la piel de papaya a $\frac{3}{4}$ de verde (Figura 34-B) del día 1 al día 7 no presentaron diferencia significativa; sin embargo para el día 14 el tono disminuyó marcando diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre las papayas control con respecto a las tratadas, diferencia que puede atribuirse a la falta de uniformidad en color entre papayas del mismo lote, para el día 21 del almacenamiento los frutos que se evaluaron no presentaron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) con respecto a las control, y el valor promedio del ángulo fue de 78° Hue;

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



internamente la papaya había alcanzado un color amarillo-salmón visiblemente atractivo para el consumidor.

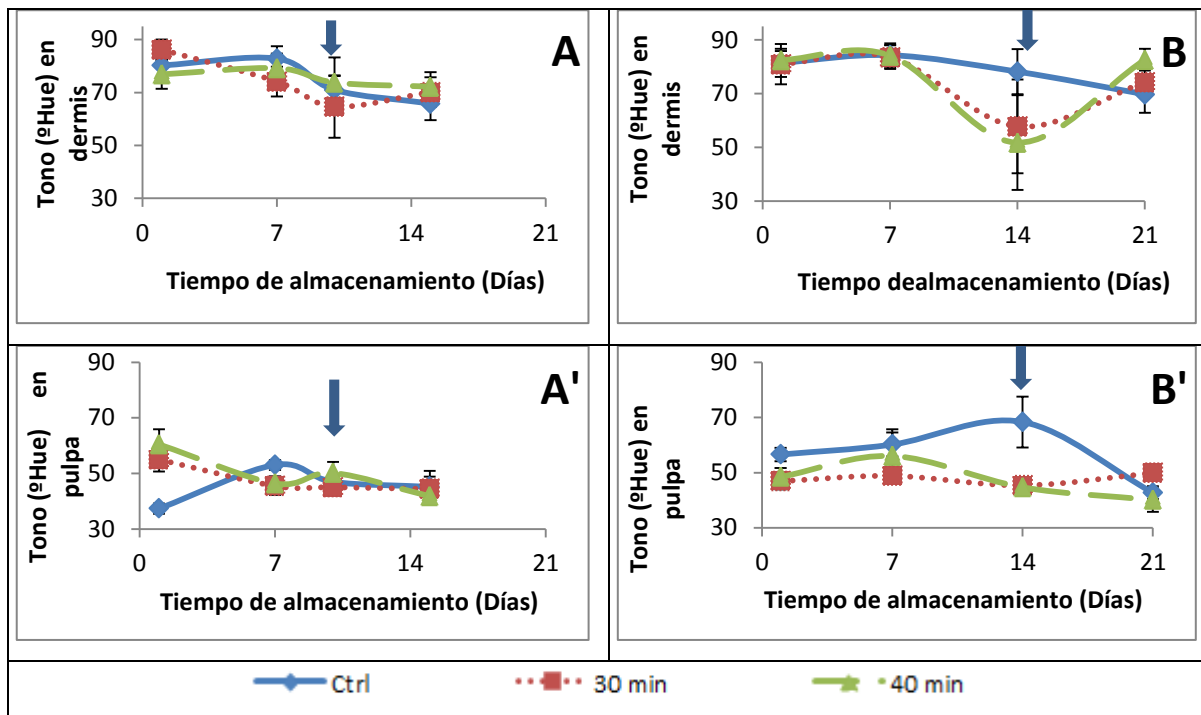
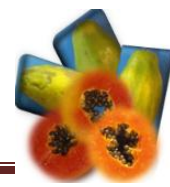


Figura 34. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en el tono de la papaya en dos estadios y dos tejidos **A**) ½ de verde en piel, **B**) ¾ de verde en piel, **A'**) ½ de verde en pulpa y **B'**) ¾ de verde en pulpa. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar, y la flecha la transferencia a temperatura ambiente.

Con respecto al tono interno de las papayas en estado de madurez ½ de verde (Figura 34-A'), al inicio del almacenamiento las tratadas presentaron 44% mayor tono con respecto a las control generando diferencia significativa ($P \leq 0.05$), sin embargo para el día 10 y 15 de almacenamiento no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en todas las papayas estudiadas presentando una tendencia lineal con un tono promedio de 48°Hue .

El tono en la pulpa de papaya en estado de madurez ¾ de verde (Figura 34-B'), indicó que se trataba de un tono salmón, en este gráfico se observó que las papayas control tuvieron valores de tono superior al de las tratadas, lo que se puede deber a la características del lote utilizado (un tanto más amarillas), para el día 14 las control fueron 29% superior en su tono en comparación a las tratadas; pero de manera general no se mostró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en todas las papayas estudiadas durante todo el almacenamiento con



valores de 50°Hue; los valores de ángulo para los dos estadios de madurez se encontraron por arriba a los reportados por Calderón-Gabaldón *et al.* (2012), diferencia que se atribuye a que su estudio fue en mínimamente procesado y durante la exposición al ambiente su tono fue disminuyendo.

De manera general la exposición de las papayas a luz UV-C no tuvo efecto significativo en el tono en piel ni en pulpa, para ninguno de los dos estadios de madurez al final del almacenamiento.

➤ CROMA

La Figura 35 muestra la evaluación del parámetro de cromaticidad tanto en piel como en la pulpa de la papaya en los dos estadios de madurez, donde se observa como la cromaticidad de la papaya conforme transcurrió el almacenamiento disminuyó, sin que se presentara diferencia significativa en todas las papayas evaluadas.

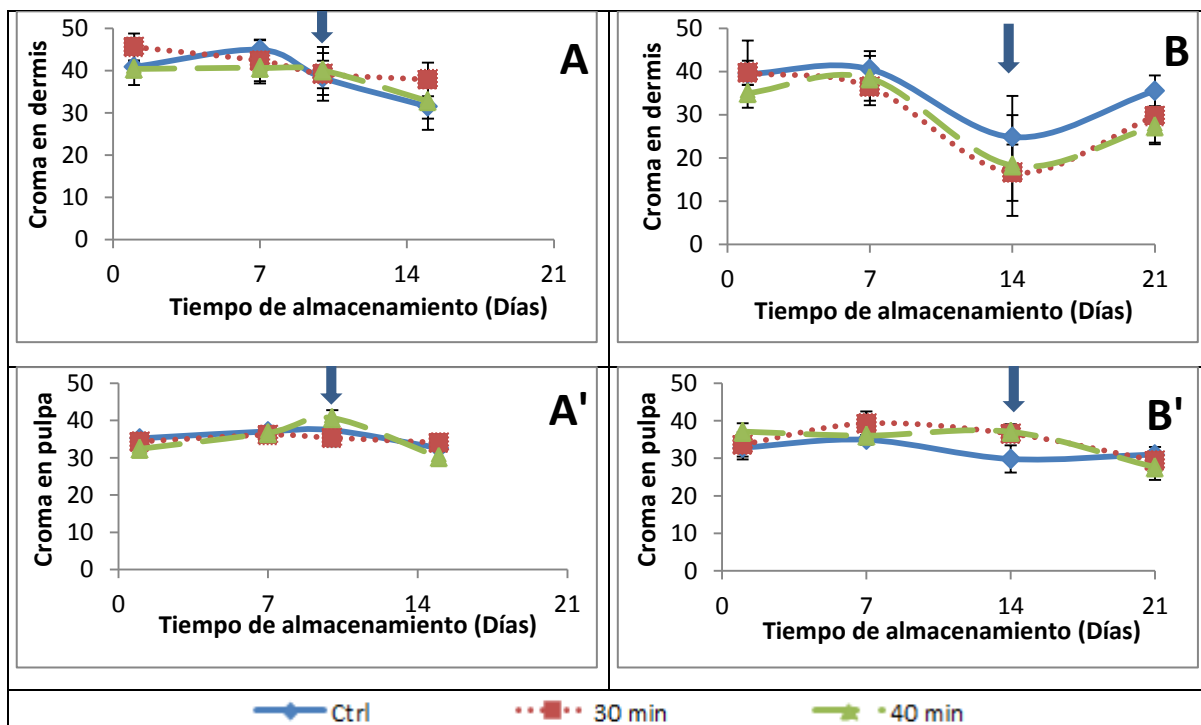
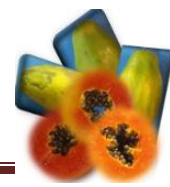


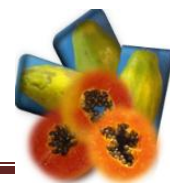
Figura 35. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en el croma de la papaya ‘Maradol en dos estadios y dos tejidos **A)** ½ de verde en piel, **B)** ¾ de verde en piel, **A’)** ½ de verde en pulpa y **B’)** ¾ de verde en pulpa. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar. La flecha indica la transferencia a temperatura ambiente.



En la Figura 35-A, se observa el croma en la piel de papaya en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde, en donde no se presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre las papayas control y las tratadas durante el almacenamiento, la cromaticidad cambió de C^*43 al inicio del almacenamiento a C^*39 al final de éste, indicando que conforme transcurrió el almacenamiento la piel perdió cromaticidad paulatinamente.

En el estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde (Figura 35-B) los valores en tono fueron más bajos que para el estado de $\frac{1}{2}$ de verde, esto debido a que el color predominante en estos frutos fue un verde oscuro, a diferencia del verde-amarillo característico del otro estado. El croma de las papayas conforme transcurrió el almacenamiento tuvo una tendencia a descender, pero al momento de la transferencia de temperatura de almacenamiento en el día 14; el color volvió a recuperar viveza en el croma de la piel, estas papayas no llegaron al color característico de la piel de una papaya en estado comercial, por ello sus valores fueron más bajos; sin embargo, no se presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en todas las papayas con y sin tratamiento, coincidiendo con el retraso de la degradación de clorofila que mencionan Costa *et al.* (2006) en su estudio en brócoli.

La viveza del color en la pulpa de la papaya en el estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde (Figura 35-A'), fue muy uniforme en todo el lote de papayas y durante todo el almacenamiento al inicio su cromaticidad presentó un promedio de C^*35 y al final de éste valores de C^*33 , no presentando diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en todas las papayas con y sin tratamiento. En cuanto al croma de la pulpa de papaya en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde (Figura 35-B'), la viveza del color en pulpa varió con respecto al día de evaluación; sin embargo, estas variaciones no generaron diferencia significativa ($P \geq 0.05$), a pesar de los tratamientos aplicados, para el día 14 las papayas control registraron un 21% menos cromaticidad que las tratadas; para el día 21 y habiendo transcurrido ya los 7 días de la transferencia a temperatura ambiente el croma promedio fue de C^*30 sin presentar diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre los frutos con y sin tratamiento.



4.3.1.3. EVALUACIÓN VISUAL DE LOS CAMBIOS DE COLOR EXTERNO E INTERNO DE LAS PAPAYAS ‘MARADOL’ EN DOS ESTADOS DE MADUREZ TRATADAS POR UV-C.

La apariencia de las papayas con tratamiento y sin tratamiento en el primer día de almacenamiento corresponde a una papaya brillante y libre de daños mecánicos (Tabla 21), para el día 10 de acuerdo a sus características se tuvo la idea de que ya era una papaya en estado de madurez comercial óptimo, lista para ser consumida. Sin embargo, a partir del día 10 se observó la presencia de un hongo en las papayas control, que probablemente se trate de *Colletotrichum gloeosporioides*, uno de los principales causantes de las pérdidas postcosecha, no así en las papayas sometidas a irradiación, que hasta los 15 días de almacenamiento mostraron una apariencia sana y óptima para ser comercializada, lo que se pudo deberse a que las papayas al traer este hongo fue dañado estructuralmente con la exposición a la irradiación de luz UV-C, presentando este tratamiento un efecto favorable en la vida útil de este fruto. Por lo tanto, la irradiación no causó efecto visible aparentemente en la papaya en cuanto a color y firmeza, pero si al controlar la aparición de ciertos hongos. Es importante resaltar que el objetivo particular de este apartado era seleccionar las mejores condiciones para posteriormente controlar la presencia de *Salmonella* en papaya ‘Maradol’ para exportación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

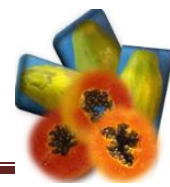


Tabla 21. Cambios visuales en la apariencia física externa de las papayas ‘Maradol’ en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde irradiadas con luz UV-C a diferentes tiempos de exposición (30 y 40 min).



En la Tabla 22 se observó que durante el transcurso del almacenamiento el color verde intenso de la dermis de las papayas en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde fue cambiando paulatinamente.

En los frutos del primer al 14^o día no se observó un efecto por los tratamientos. Sin embargo, las papaya tratadas con luz UV-C por 40 min presentaron abrasiones en la piel, estas comenzaron a desarrollarse después de haberse realizado la transferencia de las mismas a temperatura ambiente (día 14). Al final del almacenamiento (21 días) las que mejor apariencia presentaron fueron el control y la tratadas con UV-C por 30 min, mientras que las tratadas por 40 min además de presentar abrasiones en piel, pareció que el cambio de color se inhibió, y no presentó el color característico de comercialización de las papayas, lo mismo sucedió en la réplica, por lo que este es un factor importante para descartar el tratamiento de UV-C cuando se aplica por tiempos prolongados.

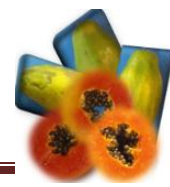




Tabla 22. Cambios visuales en la apariencia física externa de las papayas ‘Maradol’ en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde irradiadas con luz UV-C a diferentes tiempos de exposición (30 y 40 min).

TRATAMIENTO UV-C, PAPAYA MARADOL, $\frac{3}{4}$ DE VERDE			
DÍA	CONTROL	T:30 min	T:40 min
1			
7			
14			
21			

En la Tabla 23 se muestran los cambios físicos en el color interno de las papayas en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde, se observaron dos colores características de la papaya ‘Maradol’, el amarillo y el salmón. En las imágenes se observa que del primer al 10° día de almacenamiento las papayas no mostraron cambios importantes en el color y/o apariencia por efecto de los tratamientos. Sin embargo, en los frutos tratados con UV-C por 40 min, se observó que en todo el perímetro en un ancho de un centímetro aproximadamente, físicamente fue más duro que en el centro y de color más claro, esto puede ser atribuido a la inhibición de la maduración por el tiempo de exposición a la irradiación, a pesar que el color externo en este estadio no se vio afectado, internamente se apreció este cambio de color y firmeza, por lo que se concluye que el tratamiento de UV-C por 40 min no fue viable, pues inhibió la maduración de la papaya. Las papayas control y las irradiadas por 30 min a partir del día 10 al final del almacenamiento mostraron características propias de una papaya madura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

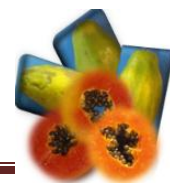






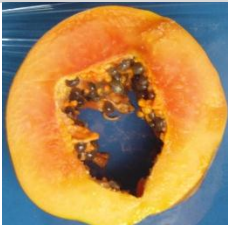







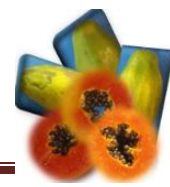
Tabla 23. Cambios visuales en la apariencia física interna de las papayas ‘Maradol’ en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde e irradiadas con luz UV-C a diferentes tiempos de exposición (30 y 40 min).

TRATAMIENTO UV-C, PAPAYA MARADOL, $\frac{1}{2}$ DE VERDE			
DÍA	CONTROL	T:30 min	T:40 min
1			
7			
10			
15			

En la Tabla 24 se muestra el color interno de papayas ‘Maradol’ en el estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde, al inicio del almacenamiento los frutos mostraron un color típico que corresponde a frutos no maduros.













Las papayas que fueron expuestas a irradiación por un tiempo de 40 min, coincidieron con el color externo para este mismo estadio, se pudo observar claramente que el color interno tampoco alcanzó un color deseable típico del fruto maduro, con respecto al control y a las expuestas por 30 min; sin embargo, la maduración se vio más favorecida con respecto al

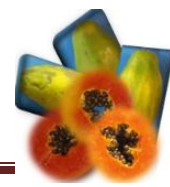
RESULTADOS Y DISCUSIÓN



comportamiento de los frutos tratados por 40 min, debido a que en ambos estados de madurez y en sus réplicas la maduración se vio inhibida por la irradiación de luz ultra violeta por tiempos largos, se concluyó que dicho tratamiento no podría ser viable para intentar controlar *Salmonella* ya que afectó de manera significativa los parámetros de calidad, quizás este efecto se pudo deber a la delgada epidermis de la papaya.

Tabla 24. Cambios visuales en la apariencia física interna de las papayas en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde irradiadas con luz UV-C a diferentes tiempos de exposición (30 y 40 min).

TRATAMIENTO UV-C, PAPAYA MARADOL, $\frac{3}{4}$ DE VERDE			
DÍA	CONTROL	T:30 min	T:40 min
1			
7			
14			
21			



4.3.1.4. FIRMEZA

La firmeza de la pulpa de la papaya para ambos estadios de madurez $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de verde se muestra en la Figura 36, de manera general se observó que conforme transcurre el almacenamiento este parámetro de calidad fue disminuyendo, presentando un problema serio pues es el contacto con el consumidor seguido del visual.

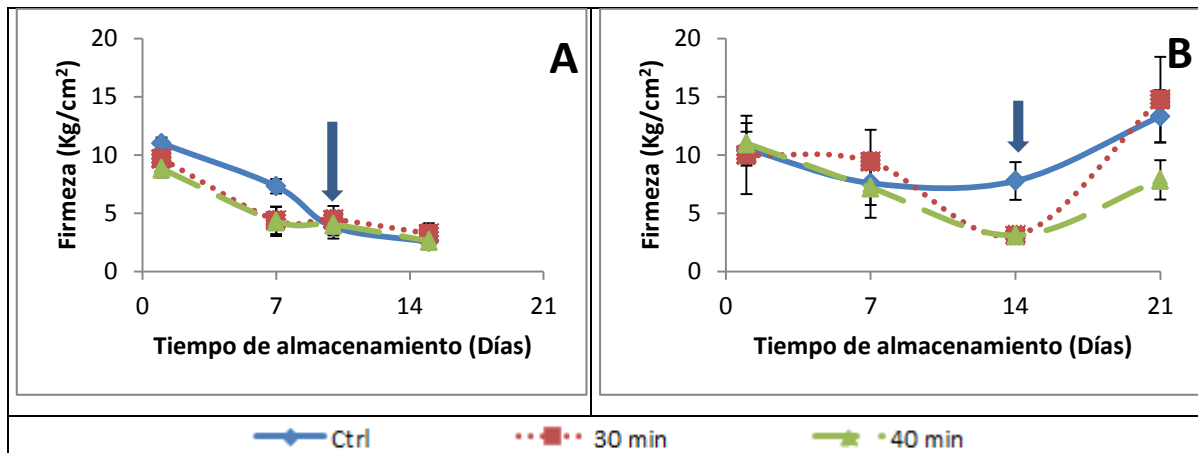
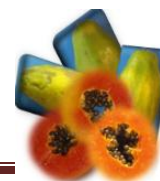


Figura 36. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en la firmeza de papaya 'Maradol' en dos estadios **A)** $\frac{1}{2}$ de verde en piel, **B)** $\frac{3}{4}$ de verde en piel. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar. La flecha indica la transferencia a temperatura ambiente.

La firmeza de la pulpa de papaya para el estadio de madurez $\frac{1}{2}$ de verde (Figura 36-A) al inicio del almacenamiento fue de 10 kg/cm^2 sin presentar diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en todas las papayas evaluadas. Para el día 10 del almacenamiento la firmeza disminuyó en 55% con respecto a su valor inicial, esta pérdida de firmeza se presentó tanto en las papayas control como en las tratadas sin generar diferencia estadística significativa ($P \geq 0.05$) en este punto entre ellas, para el día 15 la firmeza de las papayas fue de 3.9 Kg/cm^2 y no se registró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre los frutos sin y con tratamiento. Al final del almacenamiento se perdió la firmeza en un 60%, mayor a la que reportó Gutiérrez y Juárez (2001), en el tratamiento de irradiación gamma a 500 Gy donde se perdió sólo el 46.2%.

Las papayas en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde (Figura 36-B), al inicio del almacenamiento la firmeza correspondió a 10 Kg/cm^2 en promedio y no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre las papayas control y las tratadas, para el día 14 los frutos con tratamientos perdieron 50% más en firmeza con respecto a las control, generando diferencia



significativa ($P \leq 0.05$), además de que en este día se hizo la transferencia a temperatura ambiente, por lo que los frutos con tratamientos disminuyeron su firmeza en un 60%. Para el día 21 las papayas irradiadas por 40 min tuvieron 57 % menor firmeza con respecto al resto a los frutos con los otros tratamientos generando diferencia significativa ($P \leq 0.05$). La disminución de la firmeza puede verse afectada ya que los componentes de la membrana (fosfolípidos y glicolípidos) como de la pared celular (proteínas y ligninas) absorben energía en el rango ultravioleta generando especies reactivas de oxígeno que causan estrés oxidativo que afecta la estabilidad de la pared y membrana celular (Erkan *et al.*, 2001).

4.3.1.5. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (SST)

La evaluación de los sólidos solubles durante el almacenamiento de papayas en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde (Figura 37) mostraron valores entre 8.5 y 10.5° Brix, por lo cual presentó una tendencia un tanto lineal, sin diferencia significativa entre las control y las tratadas, y un comportamiento similar en el estadio de madurez $\frac{3}{4}$ de verde.

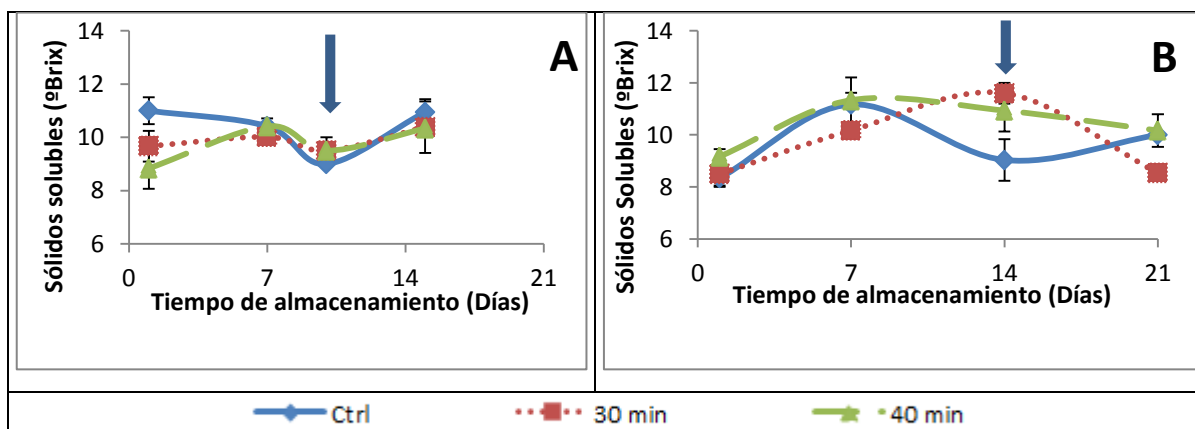
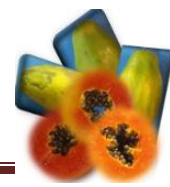


Figura 37. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en los sólidos solubles totales de papaya 'Maradol' en dos estadios **A)** $\frac{1}{2}$ de verde, **B)** $\frac{3}{4}$ de verde. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar. La flecha indica la transferencia a temperatura ambiente.

Los SST de todas las papaya en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde (Figura 37-A) mostraron al inicio de este estudio un promedio de 10° Brix, para el fin del almacenamiento (15° día) los sólidos solubles aumentaron un grado quedando en un promedio de 11° Brix similar a los sólidos solubles promedio de una papaya madura (Perfil de la Papaya Maradol, 2012).



Con respecto a todas las papayas en $\frac{3}{4}$ de verde al inicio del estudio presentaron un promedio 8.5 °Brix (Figura 37-B), en todas las papayas evaluadas, a partir del día 14 los sólidos solubles en las control fueron 23% menor con respecto a las tratadas, generando diferencia significativa ($P \leq 0.05$); para el final del almacenamiento todas las papayas presentaron valores de 10 °Brix sin diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre éstas. Los SST son uno de los parámetros de que se consideran para efectuar la cosecha, y su variación en el almacenamiento no es significativo. Para este estadio de madurez hubo un aumento 1.5° Brix con respecto al valor inicial indicando que si hubo una maduración de las papayas conforme transcurrió el almacenamiento.

Se puede decir que el tratamiento de irradiación no tuvo efecto en este parámetro para ninguno de los dos estados de madurez coincidiendo con el estudio realizado por Gutiérrez y Juárez (2001) en irradiación de papaya a 500Gy.

4.3.1.6. pH

La Figura 38 muestra de manera general como disminuyó ligeramente el pH conforme transcurre el almacenamiento para ambos estados de madurez $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de verde.

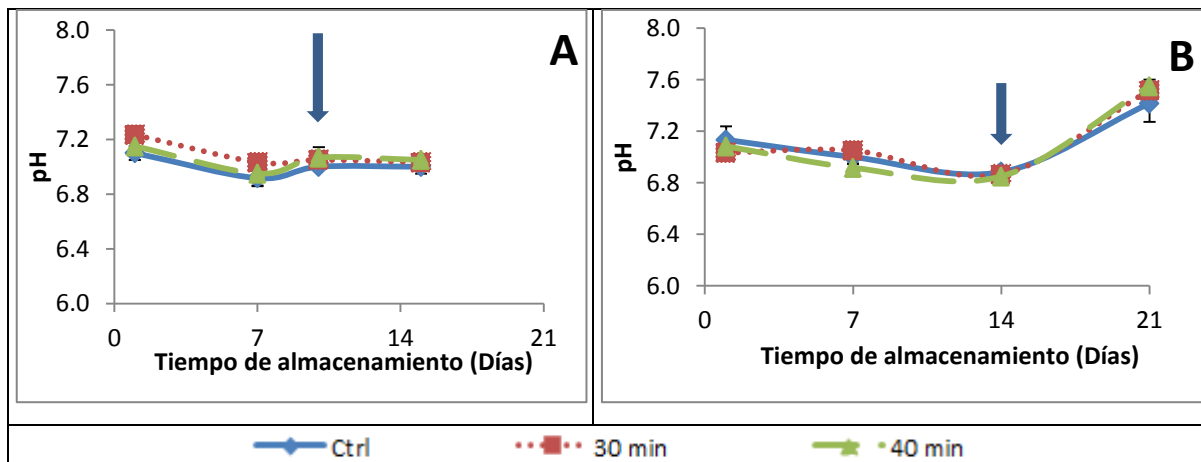
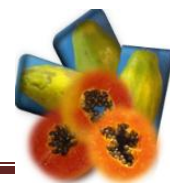


Figura 38. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en el pH de la papaya 'Maradol' en dos estadios **A)** $\frac{1}{2}$ de verde, **B)** $\frac{3}{4}$ de verde. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar. La flecha indica la transferencia a temperatura ambiente.

El pH de las papayas en el estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde (Figura 38-A), disminuyó 3% para tratamiento de 40 min y control al inicio del almacenamiento; mientras que para el día



10 el pH descendió el 2% con respecto al valor inicial en todas las papayas evaluadas, terminando al día 15 con el mismo 2% y sin diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre frutos sin y con tratamiento por UV-C.

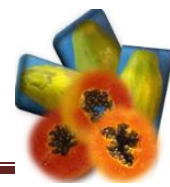
Para el caso de las papayas en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde (Figura 38-B) la tendencia del pH, también fue a disminuir al inicio del estudio con un valor promedio de 7.1 entre tratamientos con respecto al control. Sin embargo, para el día 14 el pH disminuyó en un 3% aproximadamente; en todas los frutos tratados y el control, para el día 21 todas las papayas presentaron un pH 14% mayor que las que habían sido evaluadas con anterioridad, sin embargo esto fue debido a la heterogeneidad del lote con el que se trabajó, ya que tanto frutos con y sin tratamiento presentaron este aumento en el pH.

De manera general se puede decir que durante todo el almacenamiento no se presentó estadísticamente diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en el pH entre las papayas tratadas con respecto a las control, encontrándose valores de pH superiores a lo reportado por Calderón-Gabaldón *et al.* (2012) reportando valores de 5.6 en este parámetro, en el estudio de papaya cortada e irradiada con luz UV-C.

4.3.1.7. ACIDEZ TITULABLE

La acidez de las papayas en estado de madurez $\frac{1}{2}$ de verde (Figura 39-A), en el primer día de estudio fue similar en todas las papayas sin y con tratamiento, para el día 10 la acidez alcanzó valores de 0.2% ácido cítrico sin presentar diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre las papayas tratadas con respecto a las control para el final del almacenamiento las frutos presentaron una acidez mayor en un 17% con respecto al punto anterior sin presentar diferencia significativa en todas las papayas evaluadas.

Por otra parte en las papayas con estadio de madurez $\frac{3}{4}$ de verde (Figura 39-B), la acidez al inicio del almacenamiento fue de 0.15% de ácido cítrico, mientras que para el día 14 la acidez aumentó en un 25% con respecto al valor inicial, en este punto se presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre las papayas tratadas por 30 min que presentaron valores 20% mayores con respecto al resto de las papayas, sin embargo para el día 21 fin del almacenamiento, la acidez aumentó en un 35% con respecto al valor inicial, en este



punto no se presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en la acidez por los tratamientos aplicados.

Usualmente los ácidos orgánicos disminuyen durante la maduración debido a la respiración o a su conversión de azúcares (Wells *et al.*, 1989), sin embargo en estas rutas metabólicas no se observaron cambios significativos, y sus valores finales coinciden con los iniciales, lo que puede atribuirse que estadísticamente no hubo diferencia significativa en este parámetro durante todo el almacenamiento.

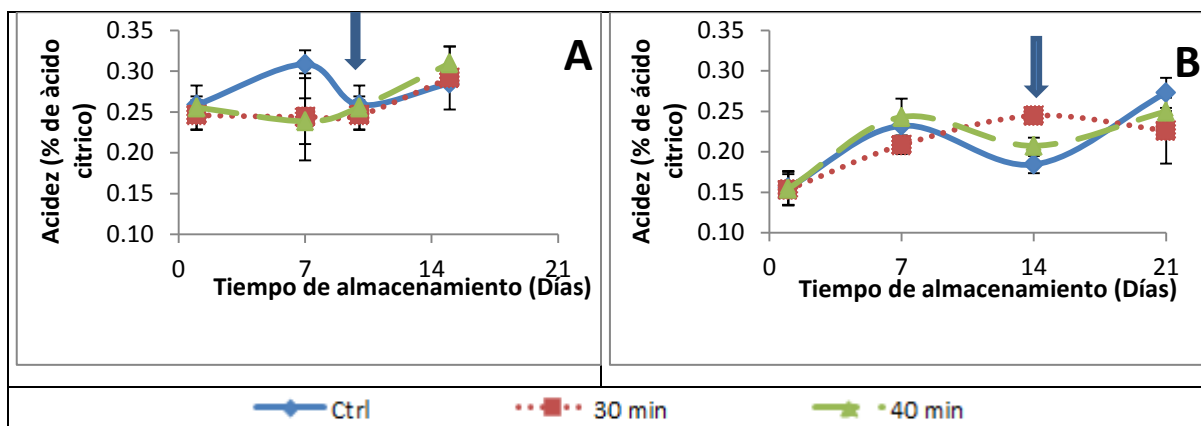


Figura 39. Efecto de tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en la acidez de la papaya 'Maradol' en dos estadios **A)** 1/2 de verde, **B)** 3/4 de verde. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar. La flecha indica la transferencia a temperatura ambiente.

4.3.2. PARÁMETRO NUTRIMENTAL

4.3.2.1. VITAMINA C

La vitamina C, se evaluó como mg de ácido ascórbico por cada 100g de papaya (Figura 40), de acuerdo con la composición química de la papaya el rango en el que puede estar presente esta vitamina es muy amplio entre 35.5-71.3 mg por cada 100g de componente comestible (ASERCA, 1999), de manera general, se puede apreciar que no hubo efecto de los tratamientos sobre este componente, el cual se encontró dentro de lo reportado por la bibliografía al inicio del estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

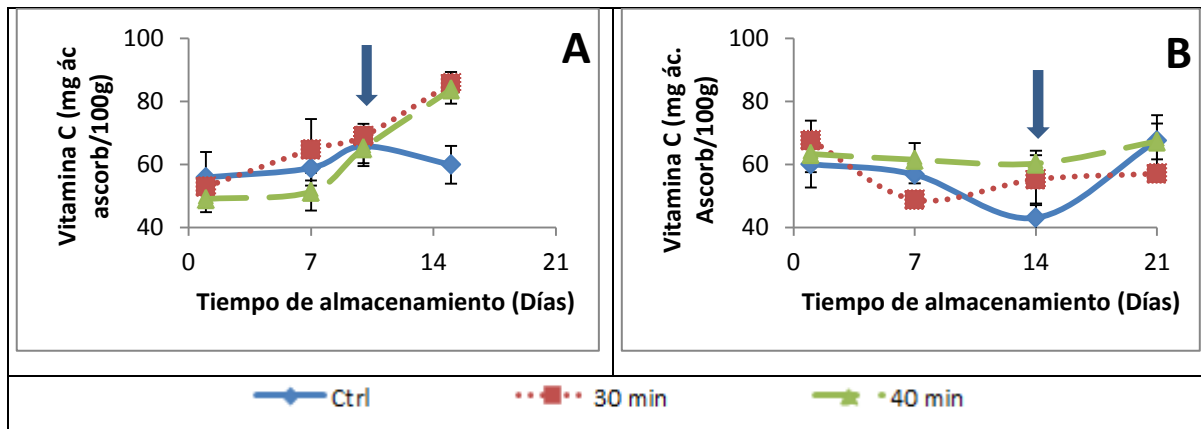
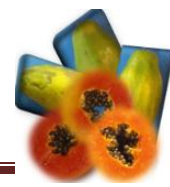
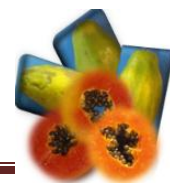


Figura 40. Efecto del tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en la vitamina c, expresada en mg de ácido ascórbico en papaya en dos estadios **A**) ½ de verde en pulpa, **B**) ¾ de verde en pulpa. Las barras verticales en cada punto indican la desviación estándar, y la flecha la transferencia a temperatura ambiente.

La vitamina C en la papaya en estado de madurez ½ de verde (Figura 43-A) presentó valores entre 49 y 53 mg de ácido ascórbico/100g al inicio del estudio; sin embargo no se presentó un efecto significativo por la aplicación inmediata de los tratamientos por UV-C, mientras que para el día 10 del almacenamiento se presentó un aumento del 14% con respecto al valor inicial, sin presentar diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en todas las papayas evaluadas, para el día 15 las tratadas presentaron un 21% mayor vitamina C que las control.

Por otra parte la presencia de ácido ascórbico en las papayas ¾ de verde (Figura 40-B), presentaron una cantidad uniforme durante todo el almacenamiento, al inicio del estudio no se registró un efecto inmediato a la aplicación de radiación UV-C, presentando un valor promedio de 60 mg de ácido ascórbico por cada 100g, sin embargo para el día 14 las papayas control registraron 17% menos con respecto a las tratadas por UV-C y al final del almacenamiento el contenido presente de ácido ascórbico terminó con el valor de inicio del estudio para los frutos con y sin tratamiento no registrándose diferencia significativa ($P > 0.05$).

De manera general no hubo efecto significativo de la irradiación con luz UV-C en el parámetro de vitamina C para este estudio, no así en el estudio en carambola mínimamente procesada en el que se produjo un efecto negativo, es decir hubo pérdida de vitamina durante el almacenamiento (Andrade *et al.*, 2011).



Resultados similares fueron reportados por González-Aguilar *et al.* (2007) en mango mínimamente procesado, justificando el comportamiento a la oxidación del ácido ascórbico por efecto de la luz UV-C con el incremento de la dosis de irradiación. Si bien la aplicación de la irradiación induce a la acumulación de sustancias con capacidad antioxidante como polifenoles, es poco conocido el efecto de esta tecnología sobre la retención de ácido ascórbico (González-Aguilar *et al.*, 2007; Erkan *et al.*, 2001).

4.3.3. EVALUACIÓN SENSORIAL

El estudio de mercado es un factor determinante del éxito y la preferencia de un producto por el consumidor, en cuanto alimentos se refiere, si la invención o innovación de un producto no satisface o cumple las necesidades del consumidor, por más exitosas que hayan sido las pruebas de laboratorio, si el consumidor no lo acepta es un hecho indiscutible que el producto no saldrá al mercado, por ello en la Figura 41 se analiza el efecto que tiene la luz UV-C sobre cinco parámetros principales en papaya ‘Maradol’.

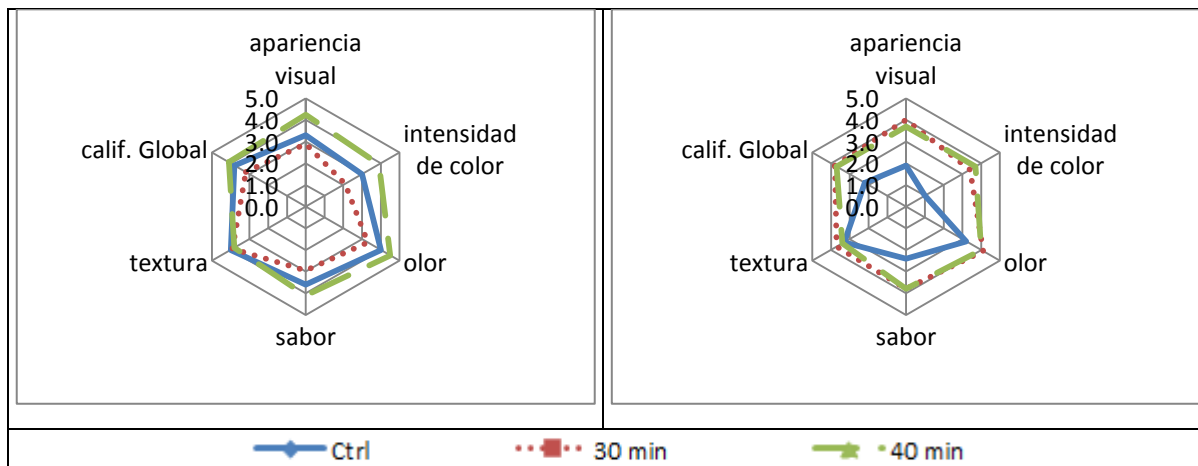
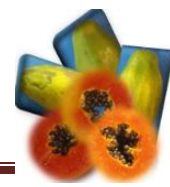


Figura 41. Efecto del tratamiento UV-C a diferentes tiempos (30 y 40 min) en parámetros sensoriales de mayor importancia en papaya ‘Maradol’ en dos estadios **A)** ½ de verde en pulpa, **B)** ¾ de verde en pulpa.

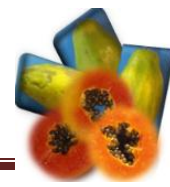
La papaya en estadio de madurez ½ de verde (Figura 41-A) en cuanto a textura el estudio mostró que no existió diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre las papayas tratadas con respecto a las control siendo evaluadas con una calificación de 4 de 5 puntos (buena), siguiendo la misma tendencia en sabor no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en todas las papayas con una calificación de 3, 3.6 y 4.1 (aceptable como límite de consumo, entre



aceptable y buena, y buena) para 30 min, control y 40 min respectivamente, el olor no se vio modificado por la exposición a luz UV-C, por otra parte en cuanto a intensidad de color la diferencia fue clara, la figura indicó que el control presentó un color amarillo-salmón, mientras que la expuesta por 30 min su color fue naranja claro y, la tratada por 40 min su color fue naranja intenso, estos resultados pueden cuestionarse, debido que los tres tonos son característicos de la papaya ‘Maradol’; sin embargo, en apariencia visual quedó claro que los tratamientos por 40 min a luz UV-C tuvieron una aceptación buena (calificación 4), mientras que la de 30 min y el control fueron aceptables como límite de consumo (calificación 3). Como calificación global considerando la intensidad de color, apariencia visual, textura, sabor y olor; el control y el tratamiento por 40 min, su calificación fue buena (calificación 4), así lo aseguró el consumidor, no así para las irradiadas por 30 min que dijeron que era aceptable como límite de consumo (Calificación 3).

Con respecto al estadio de madurez $\frac{3}{4}$ de verde (Figura 41-B) los encuestados indicaron que las papayas control fueron malas (calificación 2) en calificación global, apariencia visual, color naranja pálido, así como en sabor, y los que aceptaron como buenos (calificación 4) en todos los parámetros evaluados fueron los tratados con UV-C tanto los expuestos a 30 min como los expuestos a 40 min, para este caso las control no fueron un parámetro que pudo servir como referencia, fue de rechazo total por el consumidor, considerando los parámetros de calidad, el tratamiento que puede contribuir sin que afecte la calidad de la papaya o sus parámetros sensoriales fue el tratamiento de UV-C por 30 min.

En el estudio realizado por Calderón-Gabaldón *et al.* (2012) en papaya mínimamente procesada indicaron que los trozos de papaya tratados mostraron buena aceptación por parte de los panelistas, indicando que los tratamientos lograron conservar los atributos sensoriales de la fruta resultado. Así mismo Fonseca y Rushing (2006) que el uso de luz ultravioleta no afectó las características sensoriales de las frutas frescas cortadas. Por su parte Bravo *et al.* (2011) en su estudio buenas prácticas agrícolas y aplicación de la radiación UV-C en tomate de árbol encontró que no se presentó cambios organolépticos después del uso de radiación UV-C, esto al finalizar el tiempo de almacenamiento de 48 días.



4.4. EFECTO DE TRATAMIENTOS POSCOSECHA EN EL CONTROL DE LA PRESENCIA DE *SALMONELLA* EN PAPAYA ‘MARADOL’.

Para el desarrollo de una enfermedad bacteriana es necesaria la localización de la bacteria en un ambiente adecuado para su establecimiento, replicación y expresión de sus factores de virulencia. Durante el proceso infeccioso se presenta una interacción entre hospedero-microorganismo. Dentro de los pasos que se presentan en el proceso infeccioso se pueden mencionar: adhesión, invasión, replicación, resistencia a los mecanismos de defensa y daño al hospedero (Figueroa y Verdugo, 2005).

Algunos de los microorganismos patógenos implicados en infecciones o intoxicaciones alimentarias son: *Salmonella spp* bacilo corto gram negativo que pertenece a la familia de las enterobacterias. Entre las especies de mayor importancia se encuentran *Salmonella typhi* y *Salmonella paratyphi* que son causantes de septicemia, además existen más de 2300 serotipos que producen una infección intestinal conocida como salmonelosis (Felix-Fuentes *et al.*, 2005).

Se evaluó la sobrevivencia de *Salmonella* en papaya ‘Maradol’ en el estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde; seleccionando éste estado de madurez ya que fue, el que no presento efectos significativos en los parámetros de calidad evaluados, a consecuencia de los tratamientos aplicados, es decir no hubo inhibición en la madurez, en el desarrollo del color verde a salmón, la firmeza fue optima, sin cambios en pH, acidez, °Brix y parámetros sensoriales más importantes de la papaya como sabor, olor, color, firmeza y textura.

El efecto de los diferentes tratamientos poscosecha en la sobrevivencia de *Salmonella* se muestra en la Figura 42.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

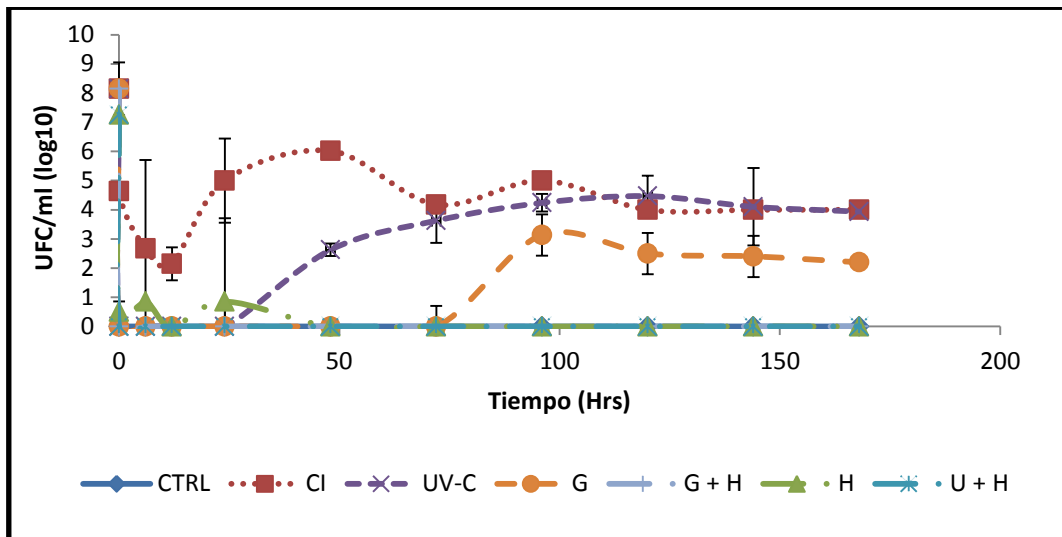
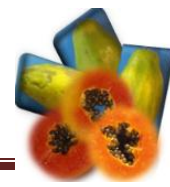
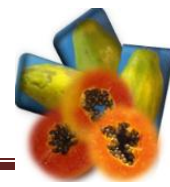


Figura 42. Sobrevivencia de *Salmonella typhimurium* en papaya 'Maradol' en estado de madurez $\frac{3}{4}$ de verde, en función de la aplicación de tratamientos hidrotérmico (H), irradiación UV-C (UV-C), irradiación gamma (G) y la combinación de estos irradiación gamma + hidrotérmico (G+H) e irradiación UV-C + hidrotérmico (U+H) en un tiempo de 168 horas referenciando a un control (Ctrl) y un control infectado (CI).

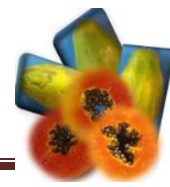
En la figura 42 se observa que la concentración inicial del inóculo previo a los tratamientos fue de 1.4×10^8 bacterias/mL y que inmediato a los diferentes tratamientos se observó una disminución de 8 ciclos logarítmicos en todos los tratamientos; en el control infectado se presentó una reducción de 3.5 ciclos logarítmicos, lo cual puede deberse a que *Salmonella* a unos minutos de haber sido inoculada en la papaya, se encontró empobrecida en cuanto a nutrientes, esto debido a las condiciones favorables que representaba el cultivo previo, por lo que las condiciones actuales resultaron tan diferentes que las bacterias pudieran ser genéticamente incapaces de sobrevivir, por lo que se requirió de mayor tiempo para que éstas se multiplicaran lo suficiente y fuera notorio el aumento de las bacterias, este fenómeno se conoce como fase lag en la curva de crecimiento bacteriano, la cual representa el tiempo necesario para adaptarse a las nuevas condiciones para reiniciar la división celular después de un periodo de ayuno nutricional, un cultivo bacteriano generalmente se inicia al inocular el medio de cultivo con un número pequeño de bacterias en fase estacionaria (Reyes-Domínguez *et al.*, 2003).

En los primeros minutos posteriores al sembrado, se recupera el nivel normal de tensión helicoidal del DNA (Reyes-Domínguez *et al.*, 2003) e incrementa la expresión de los genes



importantes para el crecimiento, posteriormente, entre los 30 y 40 minutos, se reinicia la replicación del cromosoma y a los 80-120 min se presenta la primera división de la mayoría de las células (García del Portillo *et al.*, 1987 y Membrillo-Hernández *et al.*, 1995). Estadísticamente a la hora cero todos los tratamientos fueron efectivos en cuanto a control de *Salmonella*, solo marcando diferencia significativa con respecto al crecimiento en las papayas control infectado, registrándose valores de 0 y 4.6 ciclos logarítmicos de presencia de *Salmonella*, para tratamientos y control infectado, respectivamente. A las 6 horas posterior a los tratamientos, *Salmonella* inoculada en las papayas sometidas a tratamiento hidrotérmico presentaron un aumento en su concentración de 0.8 ciclos logarítmicos con respecto a la hora cero que hizo que este tratamiento tuviera una similitud con las papayas de control infectado y al mismo tiempo un comportamiento similar al resto de los frutos sometidos a los diferentes tratamientos que para ésta hora seguían siendo efectivos en cuanto al control de *Salmonella*.

A las 12 horas de almacenamiento la concentración de *Salmonella* en el lote de papayas de control infectado con respecto a los demás lotes, presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$), siendo de 2.15 ciclos logarítmicos mayores a las demás papayas tratadas que para esta hora continuaban sin presencia de *Salmonella*. A las 24 h las papayas con tratamiento hidrotérmico mostraron una recuperación de 0.8 ciclos logarítmicos, también se presentó un aumento en las papayas control infectado con un valor de 5 ciclos logarítmicos, los demás papayas con los diferentes tratamientos continuaban sin presencia de *Salmonella* al igual que en las papayas control que no mostraban sobrevivencia de *Salmonella* por lo que perfilaban como ideales para el control de éste patógeno; sin embargo para las 96 horas las papayas que no registraron crecimiento de *Salmonella* fueron las sometidas a los tratamiento hidrotérmico, hidrotérmico/UV-C e hidrotérmico/irradiación gamma, mientras que el control infectado, tratamientos UV-C e irradiación gamma, presentaron cuentas microbianas de 5, 4.2, y 3.1 UFC/mL, respectivamente encontrándose una recuperación casi total de la *Salmonella* en las papayas sometidas a tratamiento UV-C e irradiación gamma. Para el tratamiento UV-C se marcó una diferencia de 0.8 ciclos logarítmicos con respecto al control infectado en cuanto a irradiación gamma, la diferencia fue de 2 ciclos logaritmos por debajo del control infectado para las 96 horas.



Para las 144 horas la presencia de *Salmonella* en las papayas sometidas a tratamiento UV-C tenía el mismo comportamiento que en los frutos sin tratar con valor de cuenta de 4.1 ciclos logarítmicos y las tratadas por irradiación gamma sólo estuvieron 1.7 ciclos logarítmicos por debajo con respecto a las papayas infectado y por UV-C, con lo que respecta a las demás, continuaron presentando crecimiento nulo. Para las 168 horas el comportamiento en las cuentas microbianas registradas para este patógeno fueron similares a las encontradas a las 144 horas del estudio.

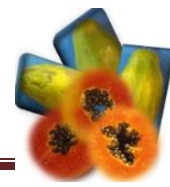
Magaña y Tapia (2011) en su estudio con mango reportaron que *E. coli* 108412 inoculada en la superficie de los mangos, después de los tratamientos postcosecha, no se vio favorecida, ya que no se eliminó a las 168 horas de almacenamiento, lo que implica un riesgo de salud pública.

En este mismo estudio reportan que el tratamiento por irradiación con luz UV-C permitió una menor sobrevivencia de *E. coli* 104812 de forma más efectiva en la superficie de los frutos a lo largo del tiempo de almacenamiento, presentándose como una alternativa atractiva para el tratamiento postcosecha del mango; sin embargo, para controlar *Salmonella* el tratamiento de luz ultravioleta resultó ser el menos viable pues esta bacteria logró una recuperación total antes de las 168 horas.

Éstos resultado coinciden con los de Wachter *et al.* (2013) quienes evaluaron la sobrevivencia de *E. coli* en mango ‘Ataulfo’ aplicando el tratamiento postcosecha de irradiación UV-C, encontrando que el tratamiento no mostró diferencia significativa con respecto a los frutos control durante 192 horas después de su aplicación.

Debido a que la luz UV-C fue el tratamiento que no redujo la carga microbiana, más que en las primeras horas, se ha considerado que una de las limitaciones de uso de la luz ultravioleta es la capacidad de algunas variantes de bacterias de recuperarse mediante mecanismos de reparación enzimática (Rodríguez-Romo y Yousef, 2005).

Algunos autores consideran que estos mutantes sólo se producen en condiciones de laboratorio (Rodríguez-Romo y Yousef, 2005). El peligro de producción de mutantes aleatorios en bacterias patógenas que puedan modificar la fisiología de esos clones (resistencia a antibióticos, virulencia, etc); es cierto y no solamente se produce en condiciones de laboratorio, sino que depende de la carga microbiana, aunque en

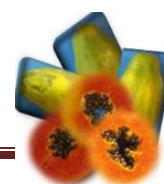


condiciones de campo (con poca carga), puede ser despreciable. En cuanto a irradiación gamma la dosis de 695 Gy no fue suficiente para eliminar la *Salmonella*, emplear una dosis mayor implica daños en parámetros de calidad lo que no resultaría viable (Gutiérrez y Juárez, 2011).

Landa-Salgado *et al.* (2009) en su estudio sobrevivencia de *Salmonella typhimurim* en melón encontraron que esta bacteria tiene habilidad para sobrevivir bajo condiciones adversas de temperatura y de baja disponibilidad de nutrientes en la superficie del fruto. Estudios preliminares reportaron que los serotipos de *Salmonella* no crecen por debajo de 7°C (Blackburn y McClure, 2002), ya que pueden sobrevivir en jugo de naranja a 4 °C (Eblen *et al.*, 2004). La capacidad de la bacteria de sobrevivir bajo condiciones adversas de temperatura y sin disponibilidad de nutrientes puede estar relacionada con su habilidad para formar rápidamente biopelículas (células bacteriales embebidas en material polimérico extracelular) que la protegen de factores externos del ambiente (Annous *et al.*, 2005).



CONCLUSIONES



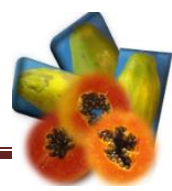
5. CONCLUSIONES

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

- ❖ Papayas estudiadas en sus dos estadios de madurez ($\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ de verde) no se vieron afectados en sus parámetros de calidad (color, pH, SST, acidez, pérdida de peso), por la aplicación de las diferentes temperaturas (40, 45 y 50°C) en los tratamientos hidrotérmicos, por lo que fueron seleccionadas las condiciones de 50°C por 20 minutos y el estadio $\frac{3}{4}$ de verde para ser aplicado para el control de *Salmonella*, la cual es una bacteria mesófila.
- ❖ Los tratamientos con luz UV-C por 30 minutos no provocaron cambios negativos en los parámetros de calidad (color, pH, SST, acidez, pérdida de peso) de las papayas, mientras que el tratamiento por 40 min en el estado de $\frac{3}{4}$ de verde inhibió su maduración, por lo que esta condición se descartó; siendo seleccionados las condiciones de 30 minutos de tratamiento de luz UV-C y el estadio $\frac{3}{4}$ verde de las papayas para ser evaluada en el control de *Salmonella*. Además este tratamiento contribuyó al control de enfermedades fúngicas que se presentan durante el almacenamiento.
- ❖ El tratamiento de irradiación UV-C y el tratamiento de irradiación gamma por sí solos no controlaron la presencia de *Salmonella*, sin embargo la combinación de tratamientos hidrotérmico + UV-C e hidrotérmico + gamma, inhibieron por completo el crecimiento de la bacteria inmediato a la aplicación de los tratamientos hasta las 168 horas, que fue el tiempo de evaluación de sobrevivencia en este estudio, aunque el mayor crédito es sin duda para el tratamiento hidrotérmico que controló por sí sólo la presencia *Salmonella*.
- ❖ Los tratamientos combinados (hidrotérmico + UV-C e hidrotérmico + gamma) y el hidrotérmico son una alternativa tecnológica para resolver problemas de inocuidad en papayas destinadas a exportación.



RECOMENDACIONES



6. RECOMENDACIONES

- ❖ Implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA)

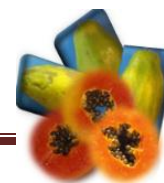
- ❖ Realizar una propuesta tecnológica sobre el manejo higiénico y aplicación de tratamientos postcosecha en papaya en fresco para evitar presencia de *Salmonella spp.* en papaya mexicana para exportación.

- ❖ Considerar las nuevas tendencias de control de hongos y bacterias patógenas mediante extracto de aceites esenciales de plantas del desierto mexicano para su aplicación como recubrimientos.

- ❖ Controlar eficazmente la humedad relativa del lugar de almacenamiento, para evitar grandes pérdidas de peso en las papayas que se traduce a pérdidas económicas.

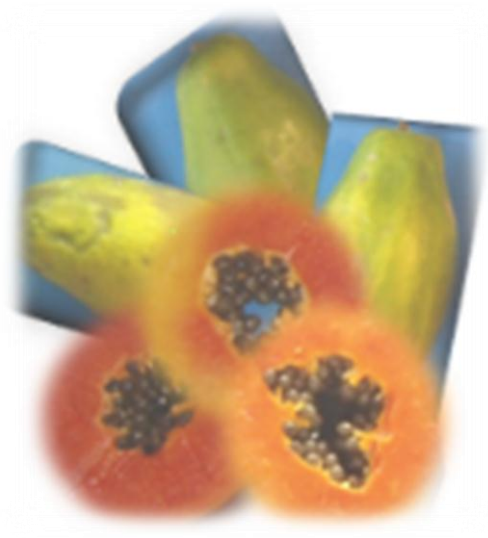


ABREVIATURAS

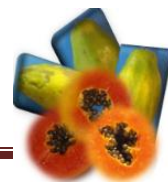


ABREVIATURAS

<i>CEM:</i>	<i>Campos electro magnéticos</i>
<i>Croma:</i>	<i>Cromaticidad</i>
<i>E. coli:</i>	<i>Escherichia coli</i>
<i>EHF:</i>	<i>Frecuencia Extremadamente-Alta</i>
<i>ELF:</i>	<i>Frecuencia Extremadamente Baja</i>
<i>FAO:</i>	<i>Food and Agriculture Organization</i>
<i>FDA:</i>	<i>Food Drug Administration</i>
<i>HF:</i>	<i>Frecuencia Alta</i>
<i>KGy:</i>	<i>Kilo Gray</i>
<i>L:</i>	<i>Luminosidad</i>
<i>LF:</i>	<i>Frecuencia Baja</i>
<i>MF:</i>	<i>Frecuencia Media</i>
<i>°Hue:</i>	<i>Ángulo Hue o ángulo matiz</i>
<i>OMS:</i>	<i>Organización Mundial de la Salud</i>
<i>RI:</i>	<i>Radiación ionizante</i>
<i>RNI:</i>	<i>Radiación no ionizante</i>
<i>RO:</i>	<i>Radiaciones ópticas</i>
<i>SHF:</i>	<i>Frecuencia Súper-Alta</i>
<i>SIAP:</i>	<i>Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera</i>
<i>UHF:</i>	<i>Frecuencia Ultra-Alta</i>
<i>UV-C:</i>	<i>Luz ultravioleta 200 - 280 nm</i>
<i>VHF:</i>	<i>Frecuencia Muy Alta</i>
<i>VLf:</i>	<i>Frecuencia muy baja</i>



REFERENCIAS



REFERENCIAS

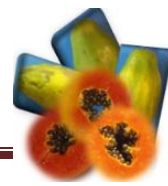
- Acido Ascorbico. (2012). Vitamina C. Consultado en Noviembre de 2012. Disponible en: <http://www.acidoascorbico.com/>
- Acosta, R.M., Anaya, R. S., Arévalo, G.L., Leyva, R.G., Luna, E. G. y Villegas, M.A. (2006). Calidad del mango ‘Ataulfo’ sometido a tratamiento hidrotermico. Revista fitotecnia mexicana, Chapingo México. 29(2):123-128.
- Alcaraz, M; Meseguer, J.; Genovés, J.L. y García-Ayala. (1992).- Modificaciones ultra estructurales en la glándula tiroides de conejo sometida a diferentes estímulos funcionales. Oncología 15 (11), 506-515.
- Allende, A. y Artes, F. (2003) UV Radiation as a novel technique to preserve quality of fresh processed “LolloRosso” lettuce. Food Res. Internatl. 36:739-746.
- Andrade-Cuvi, M.J., Moreno-Guerrero, C. y Concellón, A. (2011). influencia del tratamiento UV-C sobre el tiempo de vida útil y propiedades antioxidantes de productos de IV gama (mínimamente procesados) de carambola (*Averrhoacambola L.*) Tsafiqui Revista de investigación científica, Ecuador 1(2):30-45.
- Annous, B. A., Solomon, E. B., Cooke, P. H., A Burke (2005) Biofilm formation by *Salmonella* spp., on cantaloupe melons. J. Food Safety 25:276-286.
- AOAC (2002). Official Methods of Analysis. CD ROOM 17th ed. Current Trough Revision 1.
- Artes, F. y Allende, A. (2005) Processing lines and alternative preservation techniques to prolong the shelf-life of minimally fresh processed leafy vegetables. Eur. J. Hort. Sci. 70:231-245.
- ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria) 1999. “la papaya un mercado en expansión”. Revista Claridades Agropecuarias, No. 67.
- Balcázar, Q.J. (1993). Determinación de la existencia de un gen para una enterotoxina LT-likeen *Salmonella gallinarum*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.. México.
- Bioingeniería. (2009). Radiaciones no ionizantes. Consultado en Enero de 2013. Disponible en: <http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/radiaciones/.pdf>

REFERENCIAS



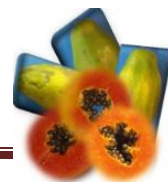
- Blackburn, C. W. y McClure, P. (2002). Foodborne Pathogens, Hazards, Risk Analysis and Control. CRC Press. Cambridge England. 517 p.
- Bravo, J., Cruz, M., Viteri, f. y Viteri, J. (2011). Estructuración de buenas prácticas agrícolas y aplicación de la radiación uv-c en tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*). Tsafiqui Revista de investigación científica, Ecuador. 1(2):8-16
- Brennan, J. G., (2006), Manual del procesado de alimentos, Acribia , Zaragoza España.
- Briggs, D. (2011). The dimension of colour. Consultado en Junio de 2011. Disponible en: www.huevaluechroma.com/074.php.
- Calderón-Gabaldón, M., Raybaudi-Massilia, R., Mosqueda-Melgar, J. y Tapia, M. (2012). Efecto de la luz UV-V y ácido málico sobre poblaciones de *Rhodotorula glutinis* y vida útil de rebanadas de papaya Maradol. Bioagro 24: 10.
- Calva E. (2013). *Salmonella typhi* y la fiebre tifoidea: de la biología molecular a la salud pública, Instituto de Biotecnología, UNAM. Consultado en Enero 2013, disponible en: <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/libros/microbios/Cap4/>
- CANALAGRO (2012). Frutas tropicales, Consultado en Noviembre del 2012. Disponible en: http://servicios.laverdad.es/canalagro/datos/frutas/frutas_tropicales/papaya.htm#1
- Cardona, G. M., Lorenzo, D. T. y Martín, M. P., (2006). Instituto de nutrición e higiene de los alimentos: Métodos de Conservación de Alimentos. Consultado en Marzo del 2012. Disponible en <http://www.inha.sld.cu>
- Chavarría, M. (2009). Estudio sensorial para evaluar la calidad alimentaria, Eroskiconsumer. Consultado en Mayo del 2012. Disponible en: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2009/09/09/187847.php>
- Cherry, N. R. (2012) Radiaciones ionizantes, enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Consultado en Enero del 2013. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/48.pdf>

REFERENCIAS



- Clarke, R.C. y Gyles, C.L. (1993). *Salmonella*. In Gyles C.L. and C.O. Thoen (editors). Pathogenesis of Bacterial Infections in Animals 2nd ed. Iowa State University Press. 133-153.
- Claustrioux, J.J. (2001). Considérations sur l'analyse statistique de données sensorielles. *Bitechnol. Agron. Soc. Environ.* 5 (3):155-158.
- CODEX STAN 183-1993, Norma del CODEX para la papaya, revisión 2001, enmienda 2005, 2011. Consultado en Junio de 2012 disponible en: http://www.fao.org/ag/agn/fv/files/1119_PAPAYASP.PDF
- CONABIO (2012a). Carica papaya. Consultado en Septiembre de 2012. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/23-caric1m.pdf
- CONABIO (2012b). Papaya. Consultado en Junio de 2012. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20898_sg7.pdf
- Cortes, A. Jose, (2012). Recursos didácticos para biología. Consultado en Junio de 2012. Disponible en <http://www.joseacortes.com>
- Costa, L., Vicente, A.R., Civello, P.M., Chavez A.R. Martinez G.A. (2006). UV-C treatment delays postharvest senescence in brócoli florets. *Postharv. Biol. Technol.* 39: 304-210
- De la Cruz, J., Ramírez, P. y García, H. (2007). Estudio del efecto de la maduración acelerada y la refrigeración sobre la fisiología de la papaya Maradol (*Carica papaya* L.). V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones, Cartagena, Colombia.
- Gobierno de Campeche (2012): Diagnóstico de la papaya Maradol. Consultado en Febrero de 2012. Disponible en: <http://camp.gob.mx>
- Díaz, C. (2003) Conservación de papaya Maradol roja (*Caricaceae*) utilizando encerado. Universidad Nacional de Colombia, consultado Junio de 2012. Disponible en: http://www.agro.unalmed.edu.co/agrodocs/index.php?link=ver_docs&id=71
- DIN (1996). Strahlungsphysik im optischen bereich und lichttechnik. Deutsches Institut fur Normung, 5031-10.

REFERENCIAS

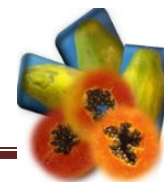


- Eblen, S. B., Walderhaug, M. O., Edelson-Mammel, S., Chirtel, S. J., Jesus A., Merker, R. I. y Miller, A. J. (2004) Potential for internalization, grow, and survival of *Salmonella* and *Escherichia coli* 0157:H7 in oranges. *J. Food Protect.* 67:1578-1584.
- Edwards, R.A. y Puente, J. L. (1998). Fimbrial expression in enteric bacteria: a critical step in intestinal pathogenesis. *Trends. Microbiol.* 6:282-287.
- Erkan, M. Wang, C.Y. y Krizek D.T. (2001). UV-C irradiation reduces microbial populations and deterioration in *Cucurbita pepo* fruit tissue. *Env. Exp. Bot* 45:1-9.
- EUFIC (2002). La irradiación de alimentos. Consultado en Junio de 2012. Disponible en: <http://www.eufic.org/article/es/artid/irradiacion-alimentos/>
- Evans, E.A., F.H. Ballen, and J.H. Crane. (2012). An overview of the papaya production, trade, and consumption. Electronic Data Information Source (EDIS) FE914. University of Florida, Gainesville, FL. Consultado en Enero del 2013 Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/FE914>.
- FAO. (2012). Agricultural Data: FAOstat. Papayas. Consultado en Julio de 2012. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- FAOSTAT. (2012). *CropProduction*. Consultado en Febrero de 2011. Disponible en:<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>.
- FDA (2011). Comunicado de prensa de la FDA. Consultado en septiembre del 2012. Disponible en: <http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm265166.htm>
- FDA (2012a), irradiación de alimentos Consultado en marzo, 2012. Disponible en<http://www.fda.gov>
- FDA (2012b) salmonella, Consultado en Mayo de 2012. Disponible en: <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety/FoodborneIllness/FoodborneIllnessFoodbornePathogensNaturalToxins/BadBugBook/ucm069966.htm>
- Fellows, P. (2000). Tecnología del procesamiento de los alimentos. Acribia Zaragoza España.
- Felix-Fuentes, A., Campas-Baypoli, N. O. y Meza-Montenegro, M. (2005). Calidad sanitaria de alimentos disponibles al público de ciudad obregón, Sonora, México, 6 (3).



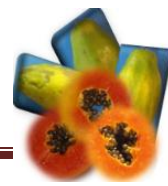
- Figueroa, O. I. M. y Verdugo R. A. (2005). Mecanismos moleculares de potogenicidad de salmonella sp, Revista latinoamericana de microbiología, 47 (1-2): 25-42.
- Fonseca, J. y Rushing, J. (2006). Effect of ultraviolet-C light dose on quality and microbial population of fresh –c watermelon. Postharvest Biol. Tech. 40: 256-261.
- Fundación de Desarrollo Agropecuario (1998). Cultivo de lechosa. Guía técnica No. 14, 2da Ed. Santo Domingo, República Dominicana. 1-96.
- Galán, J.E. y Sansonetti, P.J. (1996). Molecular and cellular bases of *Salmonella* and *Shigella* interactions with host cells. In Neidhardt F.C. (eds). *Escherichia coli* and *Salmonella*: Cellular and Molecular Biology. ASM Press. 2757-2799.
- García del Portillo, F., Pisabarro, A. G., de la Rosa, E. J. y de Pedro, M. A. 1987. Modulation of cellwall synthesis by DNA replication in *Escherichia coli* during initiation of cell growth. J. Bacteriol. 169:2410-2416.
- Gardea-Béjar, A.A., Gonzalez-Aguilar G.A., Martínez-Téllez, M.A., Rivera-Domínguez M. y Rivera-Pastrana, D.M. (2007). Efectos bioquímicos postcosech de la irradiación uv-c en frutas y hortalizas. Revista Fitotecnia Mexicana. 30: 61-372.
- González-Aguilar, G A, Wang, C. Y., Buta,G. J. y Krizek, D. T. (2001) Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe ‘Tommy Atkins’ mangoes. Internatl. J. FoodSci. Technol. 36:767-773.
- González-Aguilar, G. A., Villegas-Ochoa, M. A., Cuamea-Navarro F., Ayala-Zavala J. F. (2006).Efecto de la irradiación UV-C sobre la calidad de mango fresco cortado. *In*: I Simposio Ibero-Americano de Vegetales Frescos Cortados. G A González-Aguilar y F Cuamea-Navarro (eds). pp: 59-64.
- González-Aguilar, G., Zavaleta-Gatica, R. y Tiznado-Hernández, M.E. (2007). Improvingpostharvestquality of mango ‘Haden’ byuv-c treatment. Post. Biol. And techn. 45:108-116.
- González-Barrio R., Salmenkallio-MarttilaM., Tomas-BarberanF. A., CantosE., Espín J. C. (2005).Etiology of UV-C-inducedbrowning in var. Superior whitetable grapes. J. Agric. FoodChem. 53:5990-5996.

REFERENCIAS



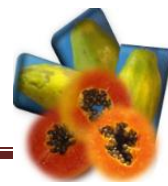
- Guillén J. (2002). Perfil de negocios de jugo concentrado de papaya hacia el mercado de Estados Unidos. Consultado en septiembre 2012. Disponible en: <http://www.minec.gobs.sv/perfilesic/perfil20papaya20E.U.2006-11.pdf>.
- Gutiérrez, C. L., Montiel V. E., Aguilera P.P. y González A. M. (2000). Serotipos de *Salmonella* identificados en los servicios de salud de México. *Salud Pública de México*. 42:490-495.
- Gutiérrez, S. L., Juárez P. L., (2011). Efecto del tratamiento de irradiación e hidrotermico en el control de antracnosis en papaya (*Carica Papaya L.*) variedad “Maradol” para exportación. Tesis de licenciatura de ingeniería en alimentos, UNAM, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, México.
- Hansen-Wester I., Stecher B.y HenselM. (2002). Analyses of theevolutionarydistribution of *Salmonella* translocatedeffectors. *Infect. Immun.* 70:1619-1622.
- Hansson M. K. 1980. Occupational exposure to radio-frequency electromagnetic fields. *Proc IEEE* 68:12-17.
- Heredia, J., Siller, J., Báez, M., Airaza, E., Portillo, T., García R. y Muy M. (1997). Cambios en la calidad y el contenido de carbohidratos en frutas tropicales y subtropicales a nivel de supermercados. *Proa. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 41:104-109.
- Hernández, Y., Lobo M. G. y González, M. (2007). Optimización del tipo de troceado de papaya mínimamente procesada y su efecto en la translucidez. In: grupo de posrecolección y refrigeración. UPCT (ed.) V Congreso Iberoamericano de Tecnología Poscosecha y Agroexportaciones. p. 751-759.
- Hultgren, S. J., Jones, C.,H. y Normark S. (1996).Bacterial adhesion and their assembly. In Neidhardt F.C. *et. al.* eds. *Escherichia coli* and *Salmonella*: Cellular and Molecular Biology. ASM Press. 2730-2756.
- Humphries, A.D., Townsend, S.M., Kingsley, R. A., Nicholson, T. L., Tsois, R .M. y Bäumler, A. J. (2001). Role of fimbriae as antigens and intestinal colonizationfactors of *Salmonella* serovars. *FEMS Microbiol. Lett.* 201:121-125.
- INFOAGRO. (2012). El cultivo de la papaya. Consultado en Junio de 2012. Disponible en: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/papaya.htm

REFERENCIAS



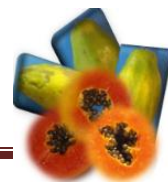
- ININ. (2012), Irradiación de Alimentos. Consultado En Marzo de 2012. Disponible <http://www.inin.gob.mx/publicaciones/documentospdf/Irradiacion%20de%20alimentos.pdf>
- ISPCH (2013) Instituto de Salud Pública de Chile, Radiaciones. Consultado en Enero de 2013. Disponible en: <http://www.ispch.cl/radiaciones>
- Jagger, J. Introduction to research in ultraviolet photobiology. Englewood Cliffs,
- Jensen, V. B., Harty, J. T. y Jones, B. (1998). Interactions of the invasive pathogens *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* and *Shigella flexneri* with M cells and murine Peyer's patches. *Infect. Immun.* 66:3758-3766.
- Jepson, M.A. y Clark M.A. (1998). Studying M cell and their role in infection. *Trend. Microbiol.* 6:359-365.
- Jones, B.D. (1996). Salmonellosis: host immune responses and bacterial virulence determinants. *Annu. Rev. Immunol.* 14:533-561.
- Kader, A. A. y Arpaia, M. L. (2012). Papaya: recommendations for maintaining postharvest quality. Consultado en Febrero, 2012. Disponible en <http://postharvest.ucdavis.edu>
- Kader, A. A. (2012). Recommendations for main taining postharvest quality. Papaya produce facts. Postharvest technology research information center, department of pomology University of California. Davis. Disponible en: <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Fruit/papaya.sht> consulado en abril de 2012.
- Kays, S. (2004). Postharvest biology. Exon Press, Athens, Georgia. 568 p.
- Kernéis, S., Bogdanova, A., Kraehenbuhl, J. P. y Pringault, E. (1997). Conversion by Peyer's Patch lymphocytes of human enterocytes into M cells that transport bacteria. *Science.* 277:949-952.
- Landa-Salgado, P.; Hernández-Anguiano, A.M., Corrales-García, J.M., Mora-Aguilera, G. y Chaidez-Quiroz, C. (2009). Sobrevivencia de *Salmonella typhimurium* en melón "cantaloupe" durante el almacenamiento refrigerado en atmosferas controladas. *Revista Fitotecnia Mexicana de Fitogenética.* Vol.32 (3): 209-215 p.

REFERENCIAS



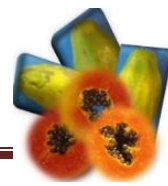
- Liu, J, Stevens, C., Khan V. A., Lu J. Y., Wilson, C. L., Adeyeye, O., Kabwe, M. K., Pusey, P. L., Chalutz, E., Sultana, T., Droby S. (1993) Application of ultraviolet-C light on storage rots and ripening of tomatoes. *J. Food Protect.* 56:868-872.
- Lucas, R. L., Lostroh, C. P, Diruso, C. C., Spector, M. P., Waner, B. L. y Lee, C. A. (2004). Multiple factors independently regulate *hilA* and invasion gene expression in *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium*. *J. Bacteriol.* 182:1872-1882.
- Magaña, M. N. y Tapia, B. Y. (2011). Efecto de tratamientos postcosecha del mango en la sobrevivencia de enterobacterias patógenas. Tesis de licenciatura de Química en Alimentos, UNAM, Facultad de química, México.
- Maharaj, R., Arul, J., Nadeau, P. (1999) Effect of photo chemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. 'Capello') by delaying senescence. *Postharv. Biol. Technol.* 15:13-23.
- McClelland, M., Sanderson, K.E., Clifton, S.W., Latreille, P., Porwollik, S., Sabo, A., Meyer, R., Bieri, T., Ozersky, P., McLellan, M., Harkins, C.R., Wang, C.H., Nguyen, C.H., Berghoff, A., Elliott, G., Kohlberg, S., Strong, C., Du, F., Carter, J., Kremizki, C., Layman, D., Leonard, S., Sun, H., Fulton, L., Nash, W., Miner, T., Minx, P., Delehaunty, K., Fronick, C., Magrini, V., Nhan, M., Warrner, W., Florea, L., Spieth, J. y Wilson, R. K. (2004). Comparison of genome degradation in Paratyphi A and Typhi, human-restricted serovars of *Salmonella enterica* that cause typhoid. *Nature Genetics.* 1-7.
- McClelland, M., Sanderson, K. E., Spieth, J., Clifton, S.W., Latreille, P., Courtney, L., Porwollik, S., Ali, J., Dante, M., Du, F., Hou, S., Layman, D., Leonard, S., Nguyen, C., Scott, K., Holmes, A., Grewal, N., Mulvaney, E., Ryan, E., Sun, H., Florea, L., Miller, W., Stoneking, T., Nhan, M., Waterston R. y Wilson, R. K. (2001). Complete genome sequence of *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium* LT2. *Nature* 413:852-856.
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27:1254-1255.
- Membrillo-Hernández, J. y Gómez-Eichelmann, M. C. (2003). Plasmid DNA supercoiling and gyrase activity in *Escherichia coli* wild-type and *rpoS* stationary-phase cells. *J. Bacteriol.* 185:1097-1100

REFERENCIAS



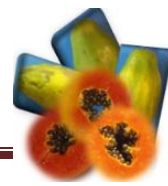
- Membrillo-Hernández, J., Nuñez-de la Mora, A., del Rio-Albrechtsen, T., Camacho-Carranza, R. y Gómez-Eichelmann, M. C. (1995). Thermally-induced cell lysis in *Escherichia coli* K12. *J. Basic Microbiol.* 35:45-50.
- Mercier J., Arul, J., Julien, C. (1993). Effect of UV-C on phytoalexin accumulation and resistance to *Botrytis cinerea* in stored carrots. *J. Phytopathol.* 139:17-35.
- Moreno, L. (2004). Teoría Del Color. Propiedades de los colores. Consultado en agosto del 2012. Disponible en: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/1503.php>. New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1967.
- NMX-FF-058-SCFI (2006). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano. Fruta fresca Mango (*Mangifera indica*). Especificaciones. Norma Mexicana.
- NOM-114-SSA1-1994. NORMA OFICIAL MEXICANA. Método para la determinación de salmonella en alimentos. Consultada en Marzo de 2012. Disponible en <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/114ssa14.html>
- OMS (1997). Foodborne diseases - probably 350 times more frequent than reported. Informe de prensa OMS/58, 13 de agosto de 1997.
- OMS (1998). Food safety - a worldwide public health issue. Consultado en Octubre de 2012 Disponible en: www.who.ch/Programmes/fsf
- Osterloh, A., Ebert G., Held W.H., Schulz H. y Urban E. 1996. Lagerung von Obst und Südfrüchten. Verlag Ulmer, Stuttgart.
- Papaya Maradol, (2012). Consultado en febrero de 2012. Disponible en <http://es.scribd.com>.
- Paull, R., Nishijima W., Reyes M., Cavaletto C. (1997). Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). *Postharvest Biology and Technology* 11:165-179.
- Pedrero, D. L. y Pangborn, R. M. (1994). Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos Analíticos. Análisis Secuencial. México. Acirbia.
- Pérez-Carrillo E. y Yahia, E. M. (2004). Effect of postharvest hot air and fungicide treatments on the quality of 'Maradol' papaya (*Carica papaya* L.) *J. Food Qual.* 27:127-139.

REFERENCIAS



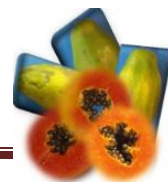
- Pérez-Rivero B., Bringas E., Mercado J.N., Saucedo C., Cruz L. y Baez-Saduño R. (2004). Aplicación de ceras comestibles. Parte II: Estudios fisiológicos asociados a la maduración del fruto durante el almacenamiento comercial. Revista iberoamericana de tecnología postcosecha, Hermosillo, Mexico. 6(1):24-33.
- Perfil mercado de papaya 2009). Consultado en noviembre de 2012, disponible en:http://www.industrias.ec/archivos/file/ESTUDIOS%20DE%20MERCADO/Perfil_Mercado_Papaya_BO.pdf.
- Piga, A., Hallewin, D' G., Aquino, D'. S. y Aggabio, M. (1997). Influence of film Wrapping and UV irradiation on cactus pear quality after storage. Packaging Technol. Sci. 10:59-68.
- PROPAPAYA, (2012), Sistema Producto Papaya, consultado en Septiembre del 2012. Disponible en: http://propapaya.org/index.php?option=com_content&view=article&id=613:inuevo-mexico-ha-exportado-menos-papaya-en-2011&catid=10:noticias&Itemid=55
- PROPAPAYA, (2013), situación de la papaya, consultado en Enero de (2013), disponible en: <http://propapaya.org/acerca-de-la-papaya/situacion-de-la-papaya>
- Rabsch, W., Andrews, H. L., Kingsley, R. A., Prager, R., Tschäpe, H., Adams L.G. y Bäumler, A. J. (2002). *Salmonella enterica* serotype typhimurium and its host-adapted variants. Infect. Immun. 70: 2249-2255.
- Ramírez M., Vinicio M. y Vargas A. (2011). Efecto de la inmersión en agua caliente sobre la secreción de látex por la corona de gajos recién conformados de frutos de banano. Agronomía Costarricense 35(1): 1-14.
- Rangel U.W. (2007). Aplicaciones de la irradiación gamma, ININ
- Reardon J.W. (2012). North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services. Food and Drug Protection Division. Disponible en: <http://www.ncagr.gov/fooddrug/espanol/PHYLOSAlimentos.pdf.pdf> Consultado en: septiembre de 2012.
- Rivas-Valencia P; Mora-Aguilera G; Téliz-Ortiz D. y Mora-Aguilera A. (2003). Influencia de variedades y densidades de plantación de papayo (*Carica papaya* L.) sobre las epidemias de mancha anular. Revista Mexicana de Fitopatología. 21(2):109- 116.

REFERENCIAS



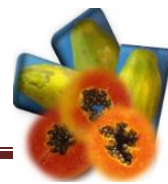
- Rizo Q.N. (1987). Cómo se integra la avicultura Nacional. Memorias del VII curso sobre el control y erradicación de la Tifoidea Aviar. Monterrey Nuevo León. México. Comisión Permanente para el Control y Erradicación de la Pulorosis y Tifoidea Aviar. México, D F.:2-12.
- Rocha, R. H. C., Nascimento, S. R. C., Menezes, J. B., Nunes, G. H. S., Silva, E. O. (2005). Qualidade pós-colheita do mamão Formosa armazenado so refrigeração. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal 27(3):386-389.
- Rodríguez-Romo, L. A.; Yousef, A. E. (2005). Inactivation of Salmonella enterica serovar Enteritidis on shell eggs by ozone and UV radiation. Journal of Food Protection, 98: 711-717.
- Santamaría-Basulto, F., Díaz-Plaza, R., Sauri-Duch E., Espadas-Gil, F., Santamaría-Fernández, J. M. y Larque-Saavedra, A. (2009). Características de calidad de fruto de papaya maradol en la madurez de consumo. Agricultura Técnica en México. 35:347-353.
- Santos, E., Correa, S., Cavallini, M., Vargas, H. (2005). Correlation between ethylene emission and skin colour changes during papaya. (*Carica papaya L.*) fruit ripening. Consultado en enero 2011. Disponible en: <http://www.edsciences.org/articles/jp4/pdf/2005/03/jp4125203.pdf>.
- Sañudo, J., Siller J., Osuna, T., Muiy, R. D., López G., Labavitch J. (2008). Control de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya L.*) con 1-metilciclopropeno y ácido 2-cloroetil fosfónico. Revista Fitotecnia Mexicana 31(2):141-147.
- ScienceDaily, (2011). Noticias de ciencia. Consultado en Enero de 2013. Disponible en: <http://noticiasbiociencias.blogspot.mx/2011/08/descubierto-un-nuevo-objetivo-para-el.html>.
- SIAP (2012a). Papaya Disponible en: <http://w4.siap.gob.mx/AppEstado/Monografias/Frutales/Papaya.html>, consultado en Marzo del 2012.
- SIAP (2012b). Cierre de la producción agrícola por estado. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351 Consultado en Septiembre de 2012.

REFERENCIAS



- SIAP (2012c). Panorama mundial. Disponible en: http://w4.siap.gob.mx/sispro/portales/agricolas/papaya/ce_panorama1.pdf Consultado en Mayo de 2012.
- SIAP (2012d). Zonas productoras de papaya. Disponible en: <http://w4.siap.gob.mx/sispro/portales/agricolas/papaya/descripcion.pdf> Consultado en Febrero de 2012.
- Siebers, A. y Finlay, B.B. (1996). M cells and the pathogenesis of mucosal and systemic infections. *Trend. Microbiol.* 22-28.
- Snowball M. R., Hornsey I. S. (1988). Purifications of water supplies using ultraviolet light. *In: Developments in Food Microbiology.* R K Robinson. El Sevier Applied Science Publishers. London. pp: 171-191.
- Sonntag C. von y Schuchmann, H-P. (1992). UV disinfection of drinking water and by product formation-some basic considerations. *J Water SRT-Aqua.*
- SSA, (1998). Dirección General de Epidemiología, Secretaría de Salud. Sistema único de información para la vigilancia epidemiológica, México D.F., 266 y 454. Tapia S. M., Raybaudi M. R. M., Martín B.O., (2005), Patógenos asociados a frutas frescas cortadas. Incidencia, supervivencia y crecimiento, brotes y control, la habana cuba.
- Umaña, G., Loría, C. L., Gómez, J .C. (2011). Efectos del grado de madurez y las condiciones de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas de la papaya híbrido pococí. *Agronomía costarricense* 35(2): 61-73.
- Vázquez-García, E; Román-Avedaño, E. y Ariza-Flores, R. (2008). Fenología y unidades calor de genotipos de papayo en el sur de Tamaulipas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 31(Nº Especial 3):45-48.
- Verdugo-Rodríguez, A., Balcázar, J., Urquiza, O., Suárez, F., Quintana, L.A., Calva, E. y López-Vidal Y. (1994). Partial characterization of a *elt* A-like gene. Bangkok, Thailand. 65th. Second Asia-Pacific Symposium on Typhoid Fever and other Salmonellosis. 41(2):67-74.
- Wachter, C., Fernández, R., Villatoro, G., Navarro, A. Eslava, C., Calderón, M. y Ruiz, G., Trejo, M. (2013). Effect of postharvest UV-C treatment on the bacterial

REFERENCIAS



- diversity 10 of Ataulfo mangoes by PCR-DGGE, survival of *E. coli* and 11 antimicrobial activity. *Frontiers* (En prensa).
- Wills, R., McGlasson B., Graham, D., Joyce, D. (1998). Fisiología y bioquímica, pp. 29-51. In: Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Acribia. Costa Rica.
 - Wordpress, (2009). Ventajas / desventajas de la desinfección ultravioleta. Consultado en Enero de 2013. Disponible en: <http://uvcpblog.wordpress.com/2009/01/10/ventajasdesventajas-de-la-desinfeccion-uv/trackback/>
 - Wright, H. B. y Cairns, W. (1998). Luz ultravioleta. Trojan Technologies Inc. 3020 Gore Road, London, Ontario, Canadá N5V 4T7
 - Yahia, M. E. y Araiza, F. R. (2001). Tratamientos físicos en poscosecha de frutas y hortalizas. Universidad de Querétaro, Instituto de investigaciones agrícolas.
 - Zhang-Barber, L., Turner, A.K. y Barrow P.A. (1999). Vaccination for control of *Salmonella* in poultry. *Vaccine*. 2538-2545.
 - Zhou, L., Paull R. E. y Chen, N. J. (2004). Papaya. In: Gross. K. C.; Wang, Ch. Y. and Saltveit, M. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks agricultural. *Agriculture Handbook*. Number 66. USDA-ARS.