



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA

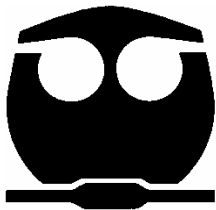
**Efecto de tratamientos postcosecha del mango en la
sobrevivencia de enterobacterias patógenas**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
QUÍMICA DE ALIMENTOS

P R E S E N T A N :
MAGAÑA MONTIEL NALLELY
TAPIA BALTAZAR YAZMÍN

MÉXICO, D.F. 2011





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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: ROSA MARÍA RAMÍREZ GAMA

VOCAL: MARÍA DEL CARMEN WACHER RODARTE

SECRETARIO: RUTH EDITH MARTIN FUENTES

1er. SUPLENTE: GLORIA DÍAZ RUIZ

2° SUPLENTE: MÓNICA BERENICE HÉRAS CHAVARRÍA

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. FACULTAD DE QUÍMICA.

ASESOR DEL TEMA:

DRA. MARÍA DEL CARMEN WACHER RODARTE

SUPERVISOR TÉCNICO:

DRA. GLORIA DÍAZ RUIZ

SUSTENTANTES:

NALLELY MAGAÑA MONTIEL

YAZMIN TAPIA BALTAZAR

La pregunta ¿Cómo acercarse a la ciencia? Sólo tiene una respuesta válida: ¡con ganas!

Para acercarse a la ciencia, y no sólo para acercarse sino también para meterle mano, se requiere tener ganas de saber y ganas de entender el mundo. Y para entender el mundo hacen falta ganas de trabajar, capacidad de asombro, un poco de inteligencia, mucha curiosidad y mucha fantasía.

Juan Manuel Lozano

Adaptado del libro “Cómo acercarse a la Física”

Llegó el final de algo que pareció un largo camino. Sin embargo me doy cuenta de que solamente es un instante de mi vida. Ahora me encuentro escribiendo e intentando pensar en todas aquellas personas que han estado conmigo, que me han acompañado, que me han apoyado y que han tenido significancia en mi vida. Pero me doy cuenta de que a un considerable número de esas personas las he dejado atrás, algunas intencionalmente, algunas sin haber querido, y seguramente a varias más sin darme cuenta de ello. Hay algo que es muy cierto: muchas veces reconocemos inmediatamente a aquellos que nos deben algo, o a aquellos por los que hicimos algo; no obstante, es muy difícil para nosotros reconocer a cada una de las personas que hicieron algo por nosotros, incluso lo más mínimo.

Es por eso que el día de hoy he preferido escribir: *“muchas gracias, nunca lo olvidaré”*, lo cual no puedo cumplir por completo. Lo que quiero decir es que por el resto de mi vida intentaré tener presente que siempre ha habido alguien ahí para mí, y que así mismo procuraré estar para los demás, y no caer en la indiferencia.

Nallely Magaña Montiel

Dedicatorias:

A mi Mamá, mi Papá y a mis Hermanos. Por su amor, apoyo incondicional y el gran esfuerzo que realizamos ya que este logro también es de ustedes. Gracias por confiar en mí, Mami muchas gracias y a ti pá por todo.

A todos mis amigos que conocí durante toda la trayectoria de la carrera entre ellos principalmente a Ana, Leslie, Lupita, Diana, Cris, Magi, Aylina, Eva; amigas incondicionales siempre estuvieron ahí y me dieron los ánimos para seguir adelante que son parte indispensable de mi vida.

A mis amigos que aun no terminan el recorrido, pero que ya no está lejano, solo a unos cuantos pasos, es cuestión de pisar muy fuerte, ustedes pueden sean “valientes”

A ti compañera que aunque pasamos tiempos difíciles los superamos y vanidosamente podemos decir se termino “fin”

Yazmin Tapia Bastazar

*“Veo al final de mi rudo camino
que yo fui el arquitecto de mi propio destino;
que si extraje las hieles o la miel de las cosas,
fue porque en ellas puse hiel o mieles sabrosas.
cuando planté sosales, coseché siempre rosas.”*

Amado Nervo

Agradecimientos

Este proyecto de tesis se realizó bajo la dirección de la Dra. María del Carmen Wacher Rodarte y con el apoyo técnico de la Dra. Gloria Díaz Ruiz en el laboratorio 324 del departamento de Alimentos y Biotecnología en el conjunto E de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Este trabajo se desarrolló con el financiamiento otorgado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM. Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica: PAPIIT IN217807-3.

A la Dra. Andrea Trejo Márquez y a su equipo de trabajo del Laboratorio Postcosecha de Productos Vegetales del Centro de Asimilación Tecnológica de la UNAM (Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán campus 3), por su gran apoyo para la realización de este proyecto.

Al Dr. Carlos Alberto Eslava Campos de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Dra. Teresita del Rosario Sainz Espuñes de la Universidad Autónoma Metropolitana, por proporcionarnos las cepas para la realización del presente trabajo.

A la Maestra Rebeca Ramírez Carrillo del Departamento de Alimentos y Biotecnología del conjunto E de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, por su asesoría en el análisis estadístico de los resultados.

A la Bióloga María Teresa Flores Espinosa por su apoyo técnico.

A los compañeros del laboratorio 324.

ÍNDICE

	Contenido	Página
Índice de figuras.....		10
Índice de tablas.....		12
RESUMEN.....		14
1. INTRODUCCIÓN.....		18
2. ANTECEDENTES.....		22
2.1 SITUACIÓN ECONÓMICA DEL MANGO MEXICANO.....		23
2.2 CARACTERÍSTICAS DEL MANGO.....		28
2.3 ENFERMEDADES Y PLAGAS DEL MANGO.....		30
2.4 MICROBIOLOGÍA SUPERFICIAL EN EL MANGO.....		32
2.5 FACTORES ECOLÓGICOS QUE INFLUYEN EN LA SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE PATÓGENOS EN FRUTAS Y VEGETALES FRESCOS.....		33
2.5.1 Sobrevivencia de bacterias patógenas (humanas) en vegetales y sus interacciones con la microbiota de éstos.....		37
2.6 BROTES POR PATÓGENOS EN EL CONSUMO DE MANGO.....		38
2.7 TRATAMIENTOS POSTCOSECHA DEL MANGO.....		39
2.7.1 Tratamiento hidrotérmico.....		39
2.7.2 Tratamiento con aire caliente hidroforzado.....		40
2.7.3 Tratamiento con aire caliente.....		41
2.7.4 Uso de baja temperatura.....		41
2.7.5 Irradiación.....		42
2.7.6 Atmósferas controladas.....		43
2.7.7 Encerado.....		44
2.8 PARÁMETROS DE MADUREZ Y CALIDAD DEL MANGO.....		45
2.8.1 La medida del color.....		45
2.8.1.1 <i>El espacio físico de color definido por la Comisión Internationale de l’Eclairage (C.I.E.).....</i>		46

2.8.1.2. <i>La medida del color en el mango</i>	47
2.8.2 Textura.....	48
2.8.3 Acidez y pH.....	48
2.8.4 Sólidos solubles (°Brix).....	49
2.8.5 Respiración.....	49
JUSTIFICACIÓN.....	51
3. HIPÓTESIS.....	52
4. OBJETIVOS.....	53
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	55
5.1 DIAGRAMA GENERAL DE TRABAJO.....	56
5.2 OBTENCIÓN DE CEPAS PATÓGENAS AISLADAS DEL MANGO Y DE OTRAS FUENTES.....	57
5.2.1 Material biológico.....	57
5.2.2 Confirmación de pureza.....	57
5.2.2.1 <i>Prueba de catalasa</i>	58
5.2.2.2 <i>Tinción de Gram</i>	58
5.2.3 Evaluación de la resistencia a ampicilina.....	58
5.3 CALIDAD DE LOS MANGOS ATAU LFO SOMETIDOS A TRATAMIENTOS POSTCOSECHA Y EFECTO DE TRATAMIENTOS POSTCOSECHA EN LA SOBREVIVENCIA DE ENTEROBACTERIAS PATÓGENAS.....	59
5.3.1 Material biológico.....	59
5.3.2 Tratamiento previo de la muestra.....	59
5.3.3 Diseño experimental.....	60
5.3.4 Preparación de los mangos para evaluar la sobrevivencia de la bacteria.....	62

5.3.5 Tratamientos.....	63
5.3.5.1 Control.....	63
5.3.5.2. Tratamiento hidrotérmico.....	63
5.3.5.3 Tratamiento por irradiación con luz UV-C.....	64
5.3.6 Condiciones de almacenamiento.....	66
5.3.6.1 Temperatura.....	66
5.3.6.2 Humedad.....	66
5.3.7 Métodos analíticos para evaluar la calidad de los mangos Ataulfo.....	66
5.3.7.1 Parámetros de calidad.....	66
5.3.7.1.1 Determinación de pH y acidez total para la pulpa y la cáscara.....	66
5.3.7.1.2 Sólidos solubles (°Brix).....	67
5.3.7.1.3 Pérdida de peso.....	67
5.3.7.1.4 Determinación de color.....	67
5.3.7.1.5 Determinación de firmeza.....	68
5.3.7.2 Parámetros fisiológicos.....	68
5.3.7.2.1 Determinación de la respiración.....	68
5.3.8 Métodos para determinar la sobrevivencia de la bacteria en la superficie de los mangos.....	68
5.3.9 Preparación del inóculo.....	68
5.3.10 Inoculación de los frutos.....	69
5.3.11 Toma de muestras y análisis microbiológico.....	69
5.3.9 Análisis estadístico.....	70
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	72
6.1 SELECCIÓN DE CEPAS.....	73
6.2. CALIDAD DE LOS MANGOS ATAULFO SOMETIDOS A EXPERIMENTACIÓN.....	74
6.2.1 Especificaciones de acuerdo a la norma NMX-FF-058-SCFI-	

2006.....	75
6.2.2 Efecto de los tratamientos postcosecha y de la temperatura de almacenamiento sobre los cambios en la respiración del mango Ataulfo.....	77
6.2.3 Evaluación de los tratamientos postcosecha sobre los parámetros de calidad del mango Ataulfo.....	80
6.2.3.1 Efecto sobre la pérdida de peso.....	81
6.2.3.2 Efecto en el pH.....	82
6.2.3.3 Efecto en la acidez.....	83
6.2.3.4 Efecto en los sólidos solubles (°Brix).....	85
6.2.3.5 Efecto en la firmeza.....	87
6.2.3.6 Efecto en el color.....	88
6.2.4 Evaluación de los parámetros de pH y acidez de la cáscara de los mangos Ataulfo.....	92
6.3 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS POSTCOSECHA DEL MANGO EN LA SOBREVIVENCIA DE <i>E. coli</i> 108412.....	93
7. CONCLUSIONES.....	102
RECOMENDACIONES.....	104
REFERENCIAS.....	105
ANEXO. RESULTADOS ESTADISTICOS.....	113
GLOSARIO DE ABREVIATURAS.....	117

Índice de Figuras

No.	Leyenda	Página
1.	Porcentaje del volumen de producción de mango durante los años 2000 a 2006.....	20
2.	Evolución de la producción mundial de mango.....	20
3.	Evolución de la exportación mundial de mango.....	21
4.	Exportaciones de mango de México hacia E.U.A. durante la temporada 2007 y 2008.....	21
5.	Exportación México-E.U.A. del mango durante la temporada 2007.....	22
6.	Porcentaje de superficie cultivada de mango en la República Mexicana.....	22
7.	Diferentes variedades de mango.....	23
8.	Cuadro metodológico.....	53
9.	Criterios de selección.....	57
10.	Marcado de los mangos con el disco estéril.....	59
11.	Equipo para el tratamiento hidrotérmico.....	60
12.	Cámara de irradiación.....	62
13.	Mango inoculado.....	66
14.	Métodos de trabajo.....	67
15.	Cambios en la respiración del mango variedad Ataulfo durante el almacenamiento a 20°C.....	74
16.	Cambios en la respiración del mango variedad Ataulfo durante el almacenamiento a 20°C para el control y los tratamientos hidrotérmico y por luz UV-C.....	75
17.	Cambios en la respiración del mango variedad Ataulfo durante el almacenamiento a 10°C para el control y los tratamientos hidrotérmico y por luz UV-C.....	77
18.	Mangos expuestos a los diferentes tratamientos, mostrados al primero y séptimo día de almacenamiento.....	78
19.	% de pérdida de peso en los mangos al final del almacenamiento a 25 y 10°C, HR≈70%.....	79

20. Cambio en el pH de la pulpa de los mangos durante almacenamiento a 25 y 10°C, HR≈70%.....	80
21. Cambio en la acidez de la pulpa de los mangos durante almacenamiento a 25 y 10°C, HR≈70%.....	81
22. Cambio en el contenido de azúcares de la pulpa de los mangos durante almacenamiento a 25 y 10°C, HR≈70%.....	83
23. Cambio en la textura de la pulpa de los mangos durante almacenamiento a 25 y 10°C, HR≈70%.....	85
24. Cambio en la luminosidad (0: negro, 100: blanco) de los mangos durante su almacenamiento a 25 y 10°C, HR≈70%.....	86
25. Cambio en la tonalidad de los mangos durante su almacenamiento a 25 y 10°C, HR≈70%.....	87
26. Cambio en la cromaticidad de los mangos durante su almacenamiento a 25 y 10°C, HR≈70.....	88
27. Cambio en el pH de la cáscara del mango durante su almacenamiento a 10°C, HR≈70%.....	89
28. Cambio en el % de acidez de la cáscara del mango durante su almacenamiento a 10°C, HR≈70%.....	90
29. Cambios en la sobrevivencia de <i>E. coli 108412</i> en la superficie del mango durante el almacenamiento a 20°C por 168 h, HR≈70%.....	92
30. Cambios en la sobrevivencia de <i>E. coli 108412</i> en la superficie del mango durante el almacenamiento a 10°C por 168 h, HR≈70%.....	94
31. Segundo experimento. Cambios en la sobrevivencia de <i>E. coli 108412</i> en la superficie del mango durante el almacenamiento a 10°C por 168 h, HR≈70%.	97

Índice de Tablas

No.	Leyenda	Página
1.	Estados productores de mango en la república mexicana y variedades que producen.....	23
2.	Composición nutricional del mango.....	27
3.	Ejemplos de bacterias patógenas aisladas de vegetales frescos.....	32
4.	Ejemplos de brotes de infecciones epidemiológicas asociadas con frutas y vegetales frescos, así como con productos no pasteurizados.....	33
5.	Cepas patógenas.....	54
6.	Diseño del experimento para evaluar la calidad de los mangos Ataulfo sometidos a experimentación.....	58
7.	Diseño del experimento para determinar la sobrevivencia de la bacteria.....	58
8.	Obtención de cepas de <i>E. coli</i> patógenas aisladas del mango y de otras fuentes.....	70
9.	Obtención de cepas patógenas de <i>Salmonella</i> aisladas de otras fuentes.....	71
10.	Caracterización de los parámetros físicos.....	72
11.	Caracterización de los parámetros de calidad.....	73
I.	Sobrevivencia de <i>E. coli</i> 108412 a temperatura ambiente.....	109
II.	Sobrevivencia de <i>E. coli</i> 108412 a temperatura de refrigeración.....	109
III.	Sobrevivencia de <i>E.coli</i> 108412 a temperatura de refrigeración en el segundo experimento.....	109
A.	Resultados estadísticos obtenidos a través del muestreo de la sobrevivencia de <i>E. coli</i> 108412(primer experimento).....	110
B.	Resultados estadísticos obtenidos a través del muestreo de la sobrevivencia de <i>E. coli</i> 108412(segundo experimento: uv-c y control a refrigeración).....	110
C.	Resultados estadísticos para los parámetros de calidad.....	111
D.	Resultados estadísticos para los parámetros de calidad del segundo experimento.....	111
E.	Resultados estadísticos (con valores) de los parámetros de calidad.....	112
F.	Resultados estadísticos (con valores) de los parámetros de calidad del	

segundo experimento..... 112

RESUMEN

En los últimos años se ha afectado el mercado de exportación de ciertas frutas y vegetales frescos, ya que se presentan problemas comerciales relacionados con la inocuidad de los mismos. Esta situación se convierte en una barrera comercial para los países exportadores, entre ellos México (INFOAGRO, 2010).

El mango es una de las frutas más importantes que se cultivan en México, solamente la actividad exportadora representa anualmente un ingreso de 155 millones de dólares para nuestro país (Aquino, 2009).

Varios brotes de salmonelosis fueron asociados al consumo de mangos frescos en Estados Unidos de América (E.U.A.), dichos mangos provenían de América del Sur. Los frutos se contaminaron durante una etapa final en el tratamiento para exportación al que son sometidos. Este tratamiento, que es el hidrotérmico, se utiliza para eliminar la presencia de la larva de la mosca de la fruta en los mangos, y es el mismo que se aplica en México. Por lo cual se pone en evidencia el peligro de las enfermedades transmitidas por frutos como el mango (Sumathi *et al.*, 2003).

El objetivo principal del presente trabajo fue evaluar el efecto de la radiación UV-C (rayos ultravioleta de onda corta) como tratamiento postcosecha para el mango, alternativo al tratamiento hidrotérmico, sobre la sobrevivencia de una cepa patógena de *E. coli* aislada de la superficie del mango e inoculada después de los tratamientos aplicados. Se evaluó en conjunto la calidad de los frutos sometidos a experimentación.

Se utilizaron mangos Ataulfo provenientes del Estado de Guerrero, los que se seleccionaron de acuerdo a su tamaño y grado de madurez. Los frutos se sometieron a los tratamientos (hidrotérmico y UV-C) teniendo un control como referencia, posterior a esto se inoculó sobre su superficie la bacteria *E. coli* 108412 en una cantidad de 1.9×10^8 UFC/mL y se almacenaron a 10 y 20 °C con una humedad relativa del 70%.

Se determinó la sobrevivencia de las bacterias antes y después de los tratamientos postcosecha, así como durante el almacenamiento de los mangos. También se evaluó el efecto en los parámetros físicos, fisiológicos y fisicoquímicos del mango.

El seguimiento a la sobrevivencia de la bacteria fue realizado durante 168 horas de almacenamiento, se obtuvo una diferencia altamente significativa entre los tratamientos aplicados, entre las dos temperaturas de almacenamiento utilizadas; así como para cada punto de muestreo.

La cuenta de bacterias disminuyó drásticamente a lo largo del periodo de almacenamiento a ambas temperaturas, sin embargo, el almacenamiento a temperatura de refrigeración permitió una mayor sobrevivencia de la bacteria sobre la superficie de los frutos.

Se encontró que la bacteria *E. coli 108412* tiene una mayor sobrevivencia en la superficie de todos los frutos durante las primeras 24 horas de almacenamiento a 20°C (10^7 a 10^6 UFC/mL). Lo mismo sucedió para los mangos que fueron almacenados a la temperatura de refrigeración (10°C). Los mangos sometidos al tratamiento UV-C mostraron una mayor permanencia de las bacterias al tiempo cero con una cuenta inicial de 4.4×10^7 UFC/mL.

El tratamiento por irradiación con luz UV-C fue aquel en el que se observó una menor sobrevivencia de la bacteria *E. coli 108412* en la superficie de los frutos a ambas temperaturas estudiadas a lo largo de todo el periodo de almacenamiento.

Los tratamientos postcosecha (hidrotermico y UV-C) no afectaron significativamente los parámetros de calidad (pH, acidez, sólidos solubles, firmeza, pérdida de peso y color) a las dos temperaturas de almacenamiento.

En cuanto a la tasa de respiración se observó que al alcanzar el periodo postclimatérico todos los frutos tienen la misma tendencia a disminuir su respiración en el mismo periodo de tiempo; por lo que a pesar de que se encontró que los tratamientos postcosecha propiciaron un aumento en la tasa respiratoria

del mango, no afectaron su periodo de maduración, ni el periodo de vida útil del fruto. La temperatura de refrigeración promovió el retardo de la maduración en los frutos y alargó su vida de anaquel.

El tratamiento por irradiación con luz UV-C se presenta como una opción atractiva para el tratamiento postcosecha del mango, debido a que si ocurre una contaminación de los frutos, posterior al tratamiento, la carga bacteriana de *E. coli* 108412 disminuye de forma más efectiva en la superficie de los frutos a lo largo del tiempo de almacenamiento, al compararlo con el tratamiento hidrotérmico y con el control.

1. INTRODUCCIÓN

El mango en México ocupa el tercer producto agrícola más importante de exportación después del plátano y la naranja. Las 145.836 hectáreas de cultivo que mantienen una producción de hasta 1,339.8 toneladas por año de mango lo coloca como cuarto productor en el mundo de éste cultivo. El consumo nacional demanda el 90% de la producción mexicana con las variedades Manila, Manililla, Oro y Ataulfo; exportando solamente el 10% de su producción. Las 78 plantas de tratamiento hidrotérmico certificadas por el Ministerio de Agricultura de Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) indican su fuerza de exportación a los E.U.A. (35'970.857 cajas exportadas en 1997), lo que le permite mantenerse como el primer exportador de este producto en el mundo (FAO, 2009).

El mango constituye uno de los cultivos de mayor importancia, con una gran demanda en el mercado tanto nacional como internacional; esto principalmente derivado del consumo en fresco, así como también para la utilización en procesos industriales como la producción de jugos, néctares y mermeladas.

Con el fin de controlar la plaga de la mosca de la fruta, países como E.U.A. han hecho obligatorio para los productos frescos que importan, entre ellos el mango, un tratamiento térmico previo que garantice la eliminación de los huevecillos de esta plaga. Actualmente el único tratamiento postcosecha aprobado por el USDA para la importación del mango es el tratamiento hidrotérmico (De la Cruz *et al*, 1996).

Sin embargo, en E.U.A. se han reportado brotes por patógenos en donde los mangos están implicados al ser el vehículo de infección. Estos brotes se originaron después del tratamiento hidrotérmico debido al uso de aguas contaminadas durante la etapa de enfriamiento. Debido a esto, actualmente se recomienda utilizar aguas cloradas para el tratamiento hidrotérmico, así como buscar nuevos tratamientos postcosecha para el mango. Estos fueron brotes grandes provocados por el consumo de mangos que recibieron el mismo tipo de tratamiento postcosecha que se aplica en México, y que pone en evidencia el

peligro de las enfermedades transmitidas por los frutos como el mango (Sumathi *et al.*, 2003).

Conocer la microbiología de las frutas antes y después de su cosecha es muy importante para el desarrollo de nuevas tecnologías y para la implementación de métodos innovadores que logren asegurar que sean productos sanos y microbiológicamente seguros para el consumidor (Matthews, 2006).

La investigación en la producción y en el manejo postcosecha de frutas es el área más importante para lograr mantener el volumen de producción, su calidad, y su tratamiento fitosanitario ayudando a mantener/prolongar la vida de anaquel del fruto; e incluso lograr incrementar su potencial productivo, que es el volumen de producción que se podría alcanzar si se aprovecharan al máximo la capacidad y los recursos disponibles (Rizzo, 1998).

El endurecimiento de las políticas agroalimentarias en Estados Unidos, principalmente en aspectos relacionados con las importaciones, ha colocado a la inocuidad como la nueva barrera comercial para los países exportadores de alimentos hacia América del Norte, entre ellos México.

Sin embargo, la garantía de inocuidad alimentaria no es una demanda única del mercado estadounidense; en los ámbitos nacional e internacional, cada día crece la necesidad de contar con alimentos que cumplan con estándares mínimos de calidad sanitaria debido a que los consumidores han adquirido conciencia del impacto negativo en la salud derivado del consumo de productos contaminados con organismos patógenos y sustancias tóxicas (INFOAGRO, 2010).

La inocuidad alimentaria es más importante en la medida en que la producción de alimentos evoluciona de un ámbito local a uno globalizado, en el cual los bienes y procesos se centralizan en distintas partes de un país y el mundo, lo que aunado al avance del transporte, ha permitido a los consumidores mayor acceso a alimentos de cualquier parte del mundo, y a la vez enfrentar nuevos retos, pues se corre un mayor riesgo de importar alimentos contaminados.

El impacto de no implementar buenas prácticas agrícolas que den a los consumidores la garantía de inocuidad de los alimentos plantea graves consecuencias, tanto en la salud pública como en la economía de los países mediante los ingresos que dejan de percibir sus agroindustrias. Ejemplo de ello es que desde el año 2005, los productores hortícolas en México han registrado pérdidas superiores a los cien millones de dólares debido a diversos incidentes relacionados con la inocuidad de las exportaciones alimentarias que ingresan a Estados Unidos (INFOAGRO, 2010).

Por lo anterior, en este trabajo se pretende comparar el efecto de la radiación UV-C como tratamiento postcosecha para el mango, alternativo al tratamiento hidrotérmico, sobre la sobrevivencia de enterobacterias patógenas aisladas de la superficie del mango. Se determinará la sobrevivencia antes y después de los tratamientos postcosecha; así como durante el almacenamiento del mango en condiciones de temperatura y humedad controladas.

2. ANTECEDENTES

2.1. SITUACIÓN ECONÓMICA DEL MANGO MEXICANO

El mango por su capacidad de adaptación a diferentes condiciones adversas, es uno de los frutales más ampliamente distribuidos en el país, además tiene un aumento en la demanda en los mercados nacionales e internacionales.

La figura 1 muestra que en la actualidad existen varios países productores de mango, destacándose por su elevada producción, y entre ellos está México (FAO, 2009). A pesar de que se dispone de poca información reciente sobre la producción de los mangos, existe evidencia del incremento en la tasa media de producción anual (TMCA) de este fruto a nivel mundial (figura 2).

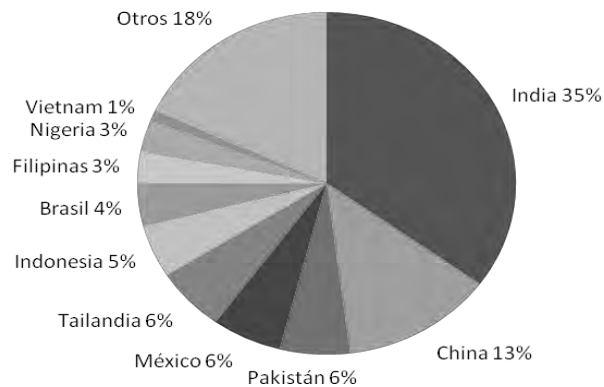


Figura 1. Porcentaje del volumen de producción de mango durante los años 2000 a 2006 (FAO, 2009)

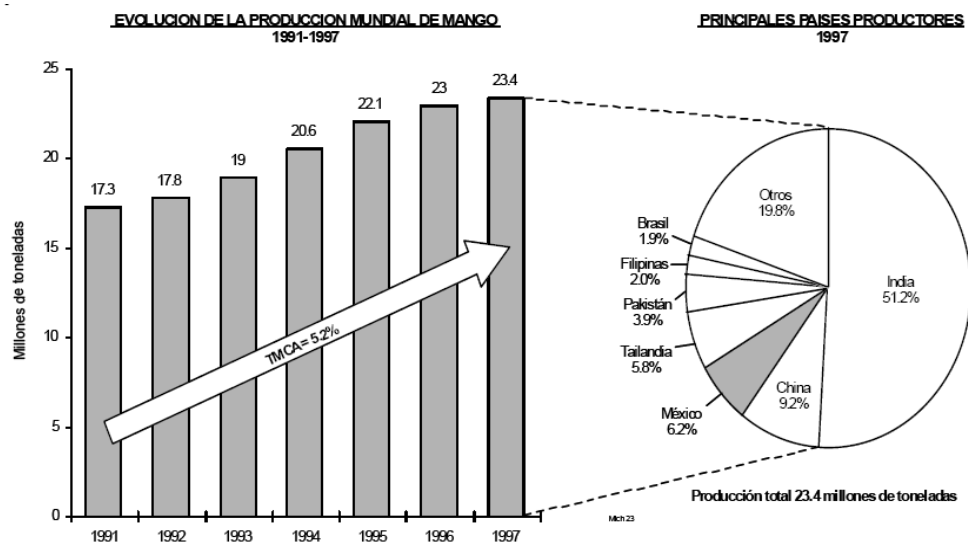


Figura 2. Evolución de la producción mundial de mango (PROSERCO, 2003)

México, a nivel internacional, es el cuarto productor de mango (en 2003 produjo 1, 503, 010 toneladas) y es el primer país exportador de este producto (figura 3). En el año 1998 exportó 119,610 toneladas, de las cuales el 86% lo envió a los Estados Unidos; el 9% a Canadá, el 3% a Japón, Francia y Holanda, y el 2% restante a otros países (INEGI, 2009).

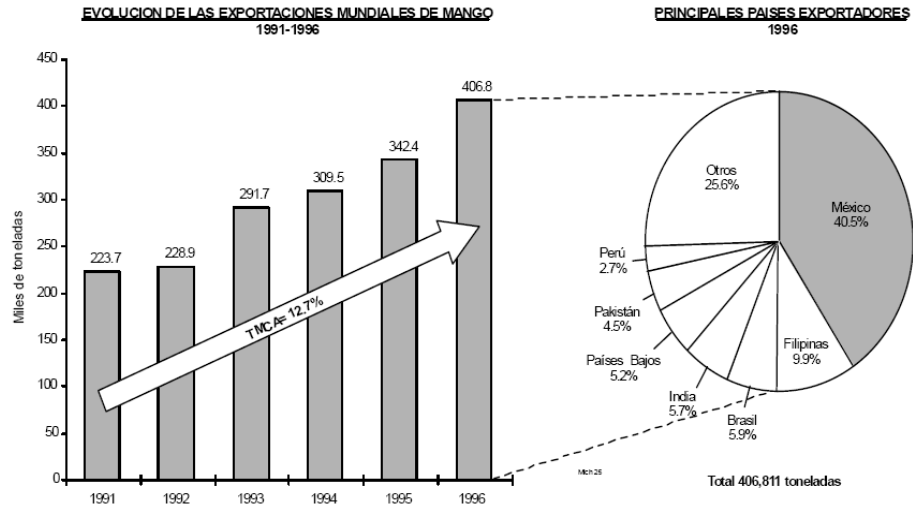


Figura 3. Evolución de la exportación mundial de mango (PROSERCO, 2003).

México se ubica como el primer país exportador de mango a nivel mundial debido al número de envíos hacia Estados Unidos, con 69 mil 996.8 toneladas en 2007 y 71 mil 333.9 toneladas en 2008 (figura 4). Los principales estados exportadores de mango hacia Estados Unidos (figura 5) corresponden a Sinaloa, Oaxaca, Nayarit, Michoacán, Jalisco, Guerrero, Chiapas y Campeche (Wong, *et al.*, 1997).



Figura 4. Exportaciones de mango de México hacia E.U. A. durante 2007 y 2008 (EMEX, 2008)

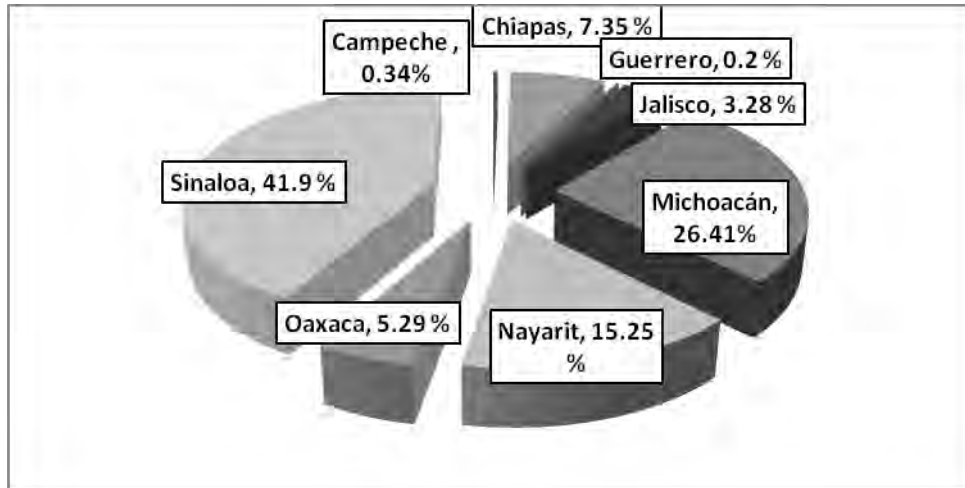


Figura 5. Exportación México-E.U.A. del mango durante la temporada 2007 (EMEX, 2008)

El 91% de la superficie cultivada de mango se localiza en los estados de Veracruz, Sinaloa, Oaxaca, Nayarit, Michoacán, Chiapas, Jalisco y Colima, los que aportan el 94% de la producción nacional (figura 6).

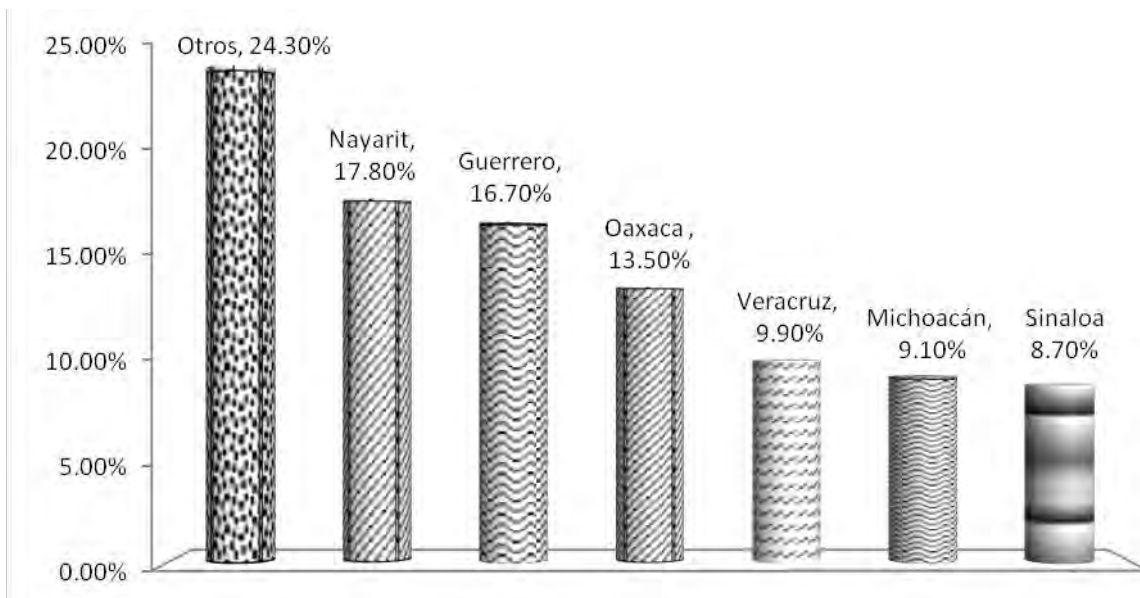


Figura 6. Porcentaje de superficie cultivada de mango en la República Mexicana (INEGI, 2009).

Las variedades establecidas en la República Mexicana son Tommy Atkins, Manila y Ataulfo principalmente. En la tabla 1 se observa la distribución del cultivo del mango mexicano en la república mexicana y se clasifica de acuerdo a su importancia comercial y en la figura 7 se muestran las diferentes variedades.

TABLA 1. ESTADOS PRODUCTORES DE MANGO EN LA REPÚBLICA MEXICANA Y VARIETADES QUE PRODUCEN (EMEX, 2003).

TIPO	MESES	ESTADOS	CARACTERÍSTICAS
ATAULFO	Febrero-Julio	Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Colima, Nayarit, Sinaloa y Campeche	Color Amarillo Tipo Alargado Longitud 12.5-14cm. Anchura 5.5-6cm. Peso 180-260gr. Contiene muy poca fibra
HADEN	Febrero-Agosto	Colima, Jalisco Michoacán, Guerrero, Nayarit y Sinaloa	Color Rojo/Amarillo Tipo Redondo Longitud 10.5-14cm. Anchura 9-10.5cm. Peso 510-680gr. Contiene muy poca fibra
KENT	Julio-Agosto	Jalisco, Michoacán, Nayarit, Sinaloa y Colima	Color Rojo/Amarillo Tipo Redondo Longitud 12-14cm. Anchura 9.5-11cm. Peso 450-700gr. Contiene muy poca fibra
TOMMY ATKINS	Fines Febrero-Agosto	Michoacán, Jalisco, Colima, Guerrero, Nayarit, Sinaloa y Campeche	Color Amarillo/Rojo Tipo Redondo Longitud 12-14.5cm. Anchura 10-13cm. Peso 450-700gr. Contiene fibra regular
KEITT	Abril-Fines Septiembre	Colima, Jalisco, Nayarit y Sinaloa	Color Rosado/Amarillo Tipo Redondo Longitud 13-15.5cm. Anchura 9-11cm. Peso 510-2000gr. Contiene muy poca fibra

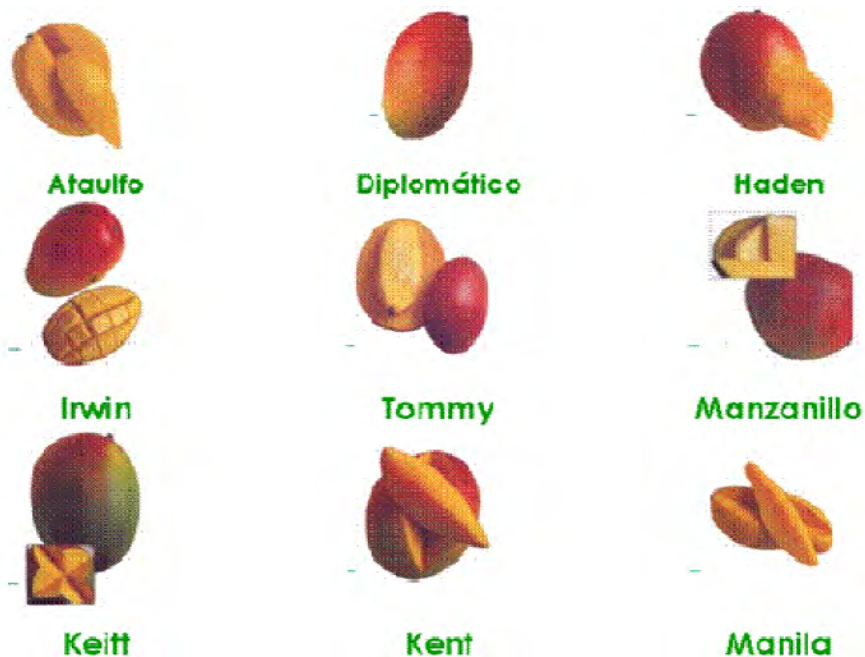


Figura 7. Diferentes variedades de mango (Fairchild Tropical Botanic Garden, 2005)

Parte importante de la producción nacional la representa la variedad Tommy Atkins, ya que es la que tiene mayor aceptabilidad tanto en el mercado nacional como extranjero, debido que cuenta con un periodo de conservación mayor. Esta variedad se caracteriza por tener pulpa firme, poca fibra y ser de color amarillo rojizo (tiene elevada preferencia en el mercado de E.U.A. debido a su coloración), con un peso entre los 450 y 750 gramos y una semilla relativamente pequeña (6 al 8% del peso total del fruto).

Para el caso del mango Manila, este posee un peso menor que el Tommy Atkins, con cáscara delgada y pulpa de buen sabor. Sin embargo, este cultivo no reúne las condiciones productivas necesarias para ser más competitivas por que no está completamente adaptado al clima tropical debido a que requiere de condiciones específicas para su desarrollo como son una altura de 0 a 300 metros sobre el nivel del mar, un periodo seco definido de 4-6 meses, temperatura de 22-26°C y precipitación lluviosa de 5- 7 meses de 1000-1500 mm (Vega, 1999).

La variedad Ataulfo es la que presenta una mayor demanda en el mercado nacional e internacional dadas sus características sensoriales y su vida de anaquel.

Esta variedad es originaria de México. En 1963 se realizaron investigaciones sobre el mango en la zona del Soconusco (Chiapas) y se detectaron cinco árboles de la variedad Ataulfo en una finca de Tapachula, propiedad del señor Ataulfo Morales Gordillo, de allí su nombre. Varetas y yemas de esta variedad fueron propagados, teniendo actualmente como estados productores a Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Colima, Nayarit, Sinaloa y Campeche llegando a producirse 176.000 toneladas anuales (Novelo, 2006).

Esta es una variedad de primera calidad, los frutos presentan una textura muy dulce y mantecosa y un aroma tan peculiar e intenso como equilibrado. Es muy jugoso, tiene un sabor exquisito incluso cuando la fruta ya ha sobrepasado su punto de madurez (momento en el que la pulpa que rodea el hueso adopta una consistencia gelatinosa). Su cáscara es correosa. El fruto pesa alrededor de 350 g

y es resistente al manejo postcosecha. El 69% de su peso es pulpa, el 19% es cáscara y el 8.5% es semilla. El fruto se desarrolla en climas cálido húmedo y cálido subhúmedo. La temperatura adecuada para este tipo de mango es 28 °C y requiere de precipitaciones pluviales entre 1090 a 3000 mm anuales, durante un periodo de 7 meses correspondientes a los meses de abril a octubre. (PROSERCO, 2003).

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL MANGO

En la actualidad, se reconoce al mango como uno de los 3 ó 4 frutos tropicales más finos. Se ha cultivado desde los tiempos prehistóricos. Las Sagradas Escrituras en Sánscrito, las leyendas y el folklore hindú (2.000 años a.c.) se refieren a él como de origen antiguo. Aparentemente es originario del noroeste de la India y el norte de Burma en las laderas del Himalaya y posiblemente también de Ceilán.

El mundo occidental se relacionó con el mango e inició su actual distribución mundial con la apertura, por los portugueses, de las rutas marítimas hacia el Lejano Oriente, al principio del siglo XVI. También se le llevó de Indochina a la isla de Mindanao y a Sulus por el siglo XIII, y fue hasta fines del siglo XIV y principio del siglo XV que los viajeros españoles llevaron la fruta desde la India hasta Manila, en Luzón. Mientras tanto, los portugueses en Goa, cerca de Bombay, transportaron fruta de mango al sur de África, de ahí hacia Brasil, alrededor del siglo XVI y unos 40 años después a la Isla de Barbados.

Del mismo modo, los españoles introdujeron este cultivo a sus colonias tropicales del Continente Americano, por medio del tráfico entre las Filipinas y la costa oeste de México por los siglos XV y XVI. Jamaica importó sus primeros mangos de Barbados hacia 1782 y las otras islas de las Indias Occidentales, al principio del siglo XVII. Los mangos fueron llevados de México a Hawai, en 1809,

y a California, alrededor de 1880, mientras que la primera plantación permanente en Florida data de 1861 (CCI, 2005; INFOAGRO, 2006).

El mango se considera como uno de los frutos tropicales más importantes del mundo. Su fino sabor y aroma, su color y valor nutritivo, lo han hecho preferido desde épocas remotas. Actualmente se encuentran variedades importantes en la India, Indonesia, Filipinas Australia, Egipto, Israel, Sudáfrica, Estados Unidos (Hawai y Florida), México, Cuba y Brasil (INA, 1997).

De acuerdo a la clasificación taxonómica, el mango pertenece a la clase de las Dicotiledóneas y a la familia Anacardiaceae. Existe un gran número de variedades, las más conocidas comercialmente son las siguientes y se pueden agrupar en tres:

- Variedades rojas: Edward, Haden, Kent, Tommy Atkins, Zill, Keitt.
- Variedades verdes: Alphonse, Julie y Amelie.
- Variedades amarillas: Ataulfo y Manila.

La semilla del mango abarca del 9-27% aproximadamente del peso total de la fruta. El color de su piel y la pulpa varían de acuerdo con el estado de madurez y el cultivo. Su contenido de carotenoides aumenta durante su madurez (el contenido de vitamina C es alto en el fruto verde y considerablemente bajo a medida que madura el fruto). En su estado óptimo de maduración es una fuente importante de vitamina A (tabla 2). Se trata de una fruta climatérica cuya vida promedio es 16 semanas, posee una producción moderada de etileno, el ácido predominante es el ácido cítrico aunque también se encuentran el ácido málico, succínico, urónico, tartárico y oxálico en cantidades menores, confiriéndole un pH de 3.3-3.7 (Milacatl, 2003). Los frutos del mango constituyen un valioso suplemento dietético, pues son ricos en vitaminas A y C, minerales, fibras y antioxidantes; bajos en calorías, grasas y sodio. Su valor calórico es de 62-64 calorías/100 g de pulpa. En la tabla 2 se muestra el valor nutritivo del mango en 100 g de parte comestible.

TABLA 2. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL MANGO (100 g de porción comestible)
(Sánchez, 2004; Fachmann *et al*, 2000).

COMPONENTES	VALOR MEDIO DE LA MATERIA FRESCA
Agua (g)	82.0
Carbohidratos (g)	12.5
Fibra (g)	1.7
Vitamina A (U.I.)	1100
Proteínas (g)	0.6
Minerales	0.5
Grasas	0.5
Ácido ascórbico (mg)	37
Fósforo (mg)	13
Calcio (mg)	12
Hierro (mg)	0.4
Niacina (mg)	0.04
Tiamina (mg)	0.04
Riboflavina (mg)	0.07

2.3. ENFERMEDADES Y PLAGAS DEL MANGO

Para mantener y elevar los niveles de producción y calidad del mango, es necesario prevenir las enfermedades causadas por patógenos, las cuales cuando se presentan en forma endémica dejan a los árboles prácticamente sin producción. Se han detectado enfermedades que afectan follaje, flores, ramas, tronco y raíces en mayor o menor grado.

Las principales enfermedades son antracnosis producida por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides*, que aparece en forma de manchas oscuras en las flores y en sus pedúnculos, y en ocasiones los frutos jóvenes también pueden ser atacados; Cenicilla polvorienta del mango *Oidium mangiferae Bert*, con la que las flores quedan cubiertas de un polvo blanquecino grisáceo con olor a moho, además las hojas y frutos jóvenes se resecan; la malformación es una de las enfermedades más graves del mango y es causada por el hongo *Fusarium subglutinan*; y la mancha negra bacteriana que se encuentra localizada en

numerosos países agricultores de mango, esta enfermedad afecta a todos los órganos aéreos debido a la bacteria *Xanthomonas campestris* (SDREC, 2008).

Sin embargo, también hay problemas fitosanitarios que afectan al mango, destacando las plagas, por las grandes cantidades de insectos con hábitos alimenticios diversos. Algunas cuya presencia en sí no determina daño alguno en el mango pero que afectan directamente el rendimiento del producto (por ejemplo las cochinillas, el piojo rojo y los trips que son insectos muy pequeños que atacan hojas e inflorescencias, y las polillas de las flores) (SDREC, 2008).

Las plagas más importantes por los daños directos que causan al fruto son la mosca de la fruta y el Gorgojo de la semilla (*Sternochetus mangiferae*), los cuales depositan sus huevos bajo la piel y las larvas traspasan la fruta alcanzando la semilla. También existen las hormigas y las escamas que son insectos muy pequeños que provocan daños en los frutos que se manifiestan como pequeñas manchas circulares decoloradas a consecuencia de las sustancias tóxicas que inyectan al fruto cuando se alimentan.

La presencia de estos insectos no indica que el cultivo este en etapa de riesgo, pero sí influye en la calidad de la fruta, además, el daño causado puede ser la “puerta de entrada” para ciertos patógenos causantes de otros problemas fitosanitarios que afectan el rendimiento y la calidad fisicoquímica y sanitaria del producto. Además todos estos daños en los frutos deprecian el valor económico de las cosechas y restringen su comercialización en los mercados nacionales e internacionales (Altieri *et al*, 1989).

Prácticamente, en casi todos los países productores, los mangos son atacados por una o más especies de moscas de la fruta. Generalmente estas moscas ponen los huevos bajo la piel del fruto en su etapa maduro-verdosa. Cuando la fruta comienza a ablandar, las larvas penetran en la pulpa convirtiéndola en incomedible.

Las moscas de la fruta pueden ser controladas en el campo con trampas, pulverizaciones que cubran con insecticidas todo el árbol, o pulverizaciones sobre parte de ellos. Después de la cosecha, los huevos y las larvas pueden ser eliminados por inmersión en agua a 46-47° C durante 75-90 minutos (INA, 1997).

Las moscas de la fruta están consideradas como una de las 10 plagas agrícolas de mayor importancia económica en el mundo. El género *Anastrepha* es endémico de América y está restringido a ambientes tropicales y subtropicales; se encuentra distribuido desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Argentina; incluyendo la mayoría de las islas del Caribe. De las 195 especies descritas a la fecha, las de mayor importancia económica son: *Anastrepha ludens*, *A. obliqua*, *A. serpentina*, y *A. striata*. En México se han reportado 32 especies que afectan a más de 30 especies de frutales que se cultivan en forma comercial y a 60 que se cultivan en menor escala (Sibaja, 2002).

2.4. MICROBIOLOGÍA SUPERFICIAL EN EL MANGO

Conocer la microbiología de las frutas antes y después de su cosecha es muy importante para el desarrollo de nuevas tecnologías y para la implementación de métodos innovadores que logren asegurar que sean productos sanos y microbiológicamente seguros para el consumidor. Como todas las frutas son producidas en un ambiente natural, poseen en su superficie una microbiota más o menos típica, la cual es transmitida por medio de contaminación cruzada (a través del viento, agua, pájaros e insectos). Por lo tanto son vulnerables a la contaminación por patógenos.

Como fuentes potenciales de enfermedades se han encontrado bacterias (*Salmonella* y *Shigella* spp., *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni* y *Yersinia enterocolitica*), virus (calicivirus, virus de la hepatitis A, y norovirus), parásitos (*Cyclospora cayetanensis*, *Cryptosporidium parvum*, y *Giardia lamblia*), y otros microbios que han sido ligados a enfermedades tras el consumo de productos contaminados (Matthews, 2006).

2.5. FACTORES ECOLÓGICOS QUE INFLUYEN EN LA SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE PATÓGENOS EN FRUTAS Y VEGETALES FRESCOS.

Desde el punto de vista de los elementos nutritivos, las frutas están capacitadas para soportar el crecimiento de bacterias, levaduras y mohos. Sin embargo, esto no sucede así cuando éstas se encuentran expuestas a una cadena de demanda y distribución (cultivo→ cosecha→ postcosecha→ distribución, etc.), que las hace más vulnerables a la invasión.

Existen muchos factores ecológicos tanto extrínsecos como intrínsecos de cada fruto o vegetal fresco que influyen en la sobrevivencia y crecimiento de patógenos en su superficie teniendo como consecuencia la aparición de un brote de enfermedades.

El entorno impone factores extrínsecos que son el clima, el viento, la ubicación geográfica, las prácticas de irrigación, de cultivo y postcosecha; así como la presencia de insectos, animales y aves en cualquiera de los posibles puntos de contaminación.

Los factores intrínsecos son más complicados porque cada fruta o vegetal fresco posee un conjunto único de factores intrínsecos que pueden contribuir a la supervivencia y el crecimiento de microorganismos patógenos (tabla 3). Por ejemplo, la naturaleza del epitelio y de la cutícula protectora, el pH del tejido y la presencia de compuestos antimicrobianos que dictaminarán qué tipo de grupos de productos pueden ser más propensos a la invasión y servir como puerta de entrada a microorganismos patógenos (Beuchat, 2002).

Los factores que influyen en la presencia, el número, y el tipo de microbios asociados con los productos frescos son (aunque no están limitados a esto) las prácticas agronómicas y los tratamientos postcosecha, donde el alimento (refiérase a fruto o vegetal fresco) puede contaminarse desde que está creciendo en el campo hasta el momento de su preparación.

Durante la cosecha, los cultivos pueden ser contaminados con patógenos asociados con el equipo de cosecha (cuchillos, equipo automatizado, canastas, cajas, etc.); así como por las malas prácticas de riego que se tengan (aguas contaminadas) y también por la manipulación directa de los trabajadores. Finalmente durante el empaque y la distribución, las frutas son lavadas mínimo una vez y usualmente varias veces durante su procesamiento con lo cual, si se tienen buenas prácticas, se logra reducir la carga microbiana y por lo tanto el deterioro y el riesgo sanitario (Matthews, 2006).

Otro factor es el incremento en su consumo, que está relacionado con la demanda y con las tendencias actuales de consumo ya que hoy en día existe algo a lo que se le puede llamar sensibilización social que conlleva la exigencia de productos frescos, “naturales” o mínimamente procesados, trayendo como consecuencia un mayor comercio y distribución de los productos a nivel mundial. Esto da lugar a un mayor contacto de los productos con las personas debido a que se tienen que transportar por largas distancias a lugares cada vez más lejanos. Incluso existe la posibilidad de que con todo esto aparezcan microorganismos patógenos cada vez mejor adaptados a entornos de estrés, que tengan una mayor sobrevivencia e incluso mayor virulencia.

Es cierto que existe un riesgo de contaminación durante toda la vida útil de los alimentos frescos hasta su preparación, sin embargo, con una mejor comprensión del ecosistema de los patógenos se logrará minimizar la contaminación y prevenir el crecimiento de estos microorganismos dañinos a la salud; dando importancia a las etapas de producción, procesamiento, comercialización y preparación para el consumo de los productos frescos (Beuchat, 2002).

Como ya se mencionó antes, los brotes de infecciones asociados al consumo de frutas y vegetales frescos han ido en aumento en los últimos años (tabla 4).

TABLA 3. EJEMPLOS DE BACTERIAS PATÓGENAS AISLADAS DE VEGETALES FRESCOS (Beuchat, 2002)

Vegetal	País	Patogeno	Frecuencia
Alcachofa	España	<i>Salmonella</i>	3/25 (12%)
Espárragos	E.U.A.	<i>Aeromonas</i>	
semillas	Malasia	<i>L. monocytogenes</i>	6/7 (85%)
	Suecia	<i>Salmonella</i>	
	Tailandia	<i>Salmonella</i>	30/344 (8.7%)
Brócoli	E.U.A.	<i>Aeromonas</i>	
	E.U.A.	<i>Aeromonas</i>	5/16(31.3%)
Col	Canadá	<i>L. monocytogenes</i>	2/92 (2.2%)
	México	<i>E.coli 0157:H7</i>	1/4 (25%)
	Perú	<i>Vibrio cholerae</i>	
	España	<i>Salmonella</i>	7/41(17.1%)
	E.U.A.	<i>L. monocytogenes</i>	1/92 (1.1%)
Zanahoria	Líbano	<i>Staphylococcus</i>	14.30%
Coliflor	Países Bajos	<i>Salmonella</i>	1/13 (7.7%)
		<i>Salmonella</i>	1/23 (4.5)
Apio	E.U.A.	<i>Aeromonas</i>	
	México	<i>E.coli 0157:H7</i>	6/34 (17.6%)
Chile	España	<i>Salmonella</i>	2/26(7.7%)
Cilantro	Surinam	<i>Salmonella</i>	5/16(31.3)
Cilantro	México	<i>E.coli 0157:H7</i>	8/41(19.5)
Berro	México	<i>E.coli 0157:H7</i>	2/20(20%)
Pepino	E.U.A.	<i>B. cereus</i>	
	Malasia	<i>L. monocytogenes</i>	4/5(80%)
	Pakistán	<i>L. monocytogenes</i>	1/5(6.7%)
Lechuga	Malasia	<i>L. monocytogenes</i>	5/22(22.7%)
	Canadá	<i>Camphylococcus</i>	2/67 (3.1%)
	Italia	<i>Salmonella</i>	82/120 (68.3%)
	Líbano	<i>Staphylococcus</i>	14.30%
	Malasia	<i>L. monocytogenes</i>	1/28(3.5%)
	Países Bajos	<i>Salmonella</i>	2/28 (7.1%)
Vegetales	Egipto	<i>Salmonella</i>	2/250(0.8%)
	Francia	<i>Y. enterocolitica</i>	4/58(7%)
	Francia	<i>Y. enterocolitica</i>	15/30(50%)
	Irak	<i>Salmonella</i>	3/43(7%)
	Italia	<i>L. monocytogenes</i>	7/102 (6.9%)
	Italia	<i>Y. enterocolitica</i>	1/102(1%)
	España	<i>L. monocytogenes</i>	8/103(7.8%)
	España	<i>Salmonella</i>	46/849(5.4%)
	Taiwán	<i>L. monocytogenes</i>	6/49(12.2%)
	Inglaterra	<i>L. monocytogenes</i>	4/64 (6.2%)
	E.U.A.	<i>Salmonella</i>	4/50 (8.0%)

NOTA: obsérvese cómo en algunos de los casos hay una incidencia de bacterias patógenas por arriba del 50% de las muestras analizadas.

TABLA 4. EJEMPLOS DE BROTES DE INFECCIONES EPIDEMIOLÓGICAS ASOCIADAS CON FRUTAS Y VEGETALES FRESCOS, ASÍ COMO CON PRODUCTOS NO PASTEURIZADOS (Beuchat, 2002).

MICROORGANISMO	AÑO	UBICACIÓN	TIPO DE PRODUCTO O PRODUCTOS
Bacteria			
<i>Bacillus cereus</i>	1973	E.U.A.	Semillas
<i>Clostridium botulinum</i>	1987	E.U.A.	Col
<i>E.coli</i> O157:H7	1991	E.U.A.	Sidra de Manzana
	1995	E.U.A.	Lechuga
	1996	E.U.A.	Jugo de manzana
	1997	Japón	Rábano
	1997	E.U.A.	Alfalfa
<i>E.coli</i> (enterotoxigenica)	1993	E.U.A.	Zanahorias
<i>Listeria monocytogenes</i>	1979	E.U.A.	Apio, lechuga, tomate
	1981	Canadá	Col
Salmonella			
Miami	1954	E.U.A.	Melón
Typhimurium	1974	E.U.A.	Sidra de manzana
Oramienburg	1979	E.U.A.	Melón
Saint-paul	1988	Inglaterra	Frijol
Chester	1989-90	E.U.A.	Melón chino
Javiana	1990	E.U.A.	Tomates
Poona	1991	E.U.A./Canadá	Melón chino
Montevideo	1993	E.U.A.	Tomates
Bovismorbificans	1994	Suecia/Finlandia	Alfalfa
Hartford/Gaminara/Rubislaw	1995	E.U.A.	Jugo de Naranja
Stanley	1995	E.U.A.	Alfalfa
Montevideo/Meleagridis	1996	E.U.A.	Alfalfa
Typhi	1998-99	E.U.A.	Mamey
Mbandaka	1999	E.U.A.	Alfalfa
<i>Shigella flexneri</i>	1998	Inglaterra	Ensalada de fruta
<i>S. sonnei</i>	1986	E.U.A.	Lechuga
	1994	Noruega	Lechuga
	1998	E.U.A.	Perejil
<i>Vibrio cholerae</i>	1970	Israel	Hortalizas
	1991	E.U.A.	
Virus			Leche de coco
Parásitos			

2.5.1. Sobrevivencia de bacterias patógenas (humanas) en los vegetales y sus interacciones con la microbiota de éstos.

Existen microorganismos llamados fitobacterias las cuales son causantes de enfermedades en las frutas y hortalizas por medio de una alteración en el metabolismo celular causado por la secreción de enzimas, toxinas, fitoreguladores y otras sustancias. Además, absorben los nutrientes de las células vegetales para su propio su crecimiento (Agrios, 1997).

Investigaciones realizadas respecto a este tema han mostrado que las bacterias patógenas (humanas) se adaptan y colonizan con eficacia tanto a las frutas como a las hortalizas. (Critzler *et al.*, 2010).

Las principales bacterias humanas que se encuentran relacionadas con brotes por consumo de productos frescos son *Escherichia coli* O157:H7 y *Salmonella*. Numerosos son los mecanismos y factores que ayudan a la sobrevivencia de las bacterias. Un ejemplo importante es que algunas bacterias actúan como organismos endofíticos, los cuales son capaces de colonizar el interior de los vegetales sin causar daño alguno (Bourgeois *et al.*, 1994); de esta manera logran evadir las defensas del vegetal y por lo tanto sobrevivir y desarrollarse. Esto apoya la hipótesis de que las bacterias se han adaptado al ambiente de los vegetales como parte de su ciclo vital natural (Warriner *et al.*, 2010).

Al estudiar la importancia de la microflora natural de los vegetales se busca identificar los mecanismos por los cuales las bacterias patógenas pueden ser inhibidas, así como las interacciones que las bacterias patógenas humanas tienen con diversos vegetales y las fitobacterias que en éstos se encuentran. Por esta razón se está revisando la relación que hay entre los patógenos humanos y las fitobacterias en el entorno de los vegetales. Estos conocimientos serán de utilidad en el desarrollo y la seguridad de las prácticas agrícolas pre y postcosecha de productos frescos.

2.6. BROTES POR PATÓGENOS EN EL CONSUMO DE MANGO

De acuerdo con las últimas investigaciones el brote más importante de patógenos a consecuencia del consumo de mangos importados, ha sido por *Salmonella* serotipo Newport (SN), brote que ocurrió en Estados Unidos en 1999. Este serotipo fue aislado de pacientes mediante la técnica de PFGE (Electroforesis en campo pulsado) y se encontraron patrones que identificaron a la cepa causante del brote, sugiriendo una fuente común de contaminación; 68 pacientes de 13 estados se encontraron infectados con esta cepa, de los cuales 15 fueron hospitalizados y 2 fallecieron. Se encontró que los mangos provenían de Brasil, y se determinó que estos frutos se contaminaron durante el tratamiento con agua fría que se aplicó después del tratamiento hidrotérmico (utilizado con la finalidad de eliminar las larvas de la mosca de la fruta). Este fue un brote grande de mangos que recibieron el mismo tipo de tratamiento postcosecha que se aplica en México, lo que pone en evidencia el peligro de las enfermedades transmitidas por los frutos como el mango (Sumathi *et al.*, 2003).

Un segundo brote de *Salmonella* asociado al consumo de mangos (también importados) se dio a causa del serotipo Saintpaul. Estos mangos fueron posiblemente contaminados a través de un mecanismo similar al descrito anteriormente. En marzo de 2001, en E.U.A. el departamento de salud pública informó que 19 pacientes fueron infectados, la cepa se aisló a partir de 7 pacientes y se intentó rastrear el lugar de procedencia de estos mangos; sin embargo, no hubo suficiente información para ello pero se concluyó que posiblemente los mangos procedían de Perú. Se piensa que probablemente los productores de mango en el Perú todavía no han aprendido la importancia de utilizar el agua clorada en el tratamiento con agua caliente (hidrotérmico) y por lo tanto surgirán nuevos brotes.

De acuerdo con la información antes mostrada, los mangos están implicados como vehículo de infección en los brotes de microorganismos patógenos, debido a que se están utilizando aguas contaminadas, por lo que actualmente se

recomienda utilizar aguas cloradas durante el tratamiento hidrotérmico, y al mismo tiempo buscar nuevos métodos para el tratamiento postcosecha del mango (Timothy, 2003).

2.7. TRATAMIENTOS POSTCOSECHA DEL MANGO

Para mantener y elevar los niveles de producción y calidad del mango es importante tener un buen manejo postcosecha del fruto con el propósito de asegurar la calidad de la fruta y la ausencia de aparición de enfermedades después de la cosecha, lo cual finalmente alargará su vida de anaquel y permitirá tener mayores rendimientos y una mejor calidad de la materia prima para exportación.

La calidad es un factor clave en la comercialización del mango ya que los consumidores exigen estándares más altos, tanto en los parámetros fisicoquímicos relacionados con madurez, así como en su apariencia externa (Galán, 1992). En México se ha elaborado la Norma Mexicana de calidad para el mango fresco destinado a exportación (Báez y Bringas, 1995) y también existe la Norma Mundial del CODEX para el mango (CODEX STAN 1884-1993).

2.7.1. Tratamiento hidrotérmico

En México, el mango está sujeto a una regulación federal de estado cuarentenario, debido a la infestación de la mosca de la fruta (*Anastrepha ludens*, *A. obliqua* y *A. serpentina*). Para destruir este insecto comúnmente se utilizaba el di-bromuro de etileno; sin embargo este insecticida pone en riesgo la salud humana, por lo que la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos prohibió su aplicación en todas las frutas comestibles. En estas circunstancias, el USDA y el Servicio de Inspección para las Enfermedades de Animales y Plantas (APHIS) aprobaron la aplicación del tratamiento hidrotérmico que consiste en sumergir el mango a una profundidad no menor a 4 pulgadas con agua a 46.1°C por 90 minutos (dependiendo del peso del mango), para eliminar del mango la larva de la

mosca de la fruta. Una vez sometidos los frutos al tratamiento con agua caliente, éstos tienen que ser enfriados inmediatamente después para evitar daños por calor y pérdida de peso, lo cual se hace sumergiéndolos en un baño de agua fría durante 30 min.

Siendo esta la única alternativa de tratamiento cuarentenario para el mango de exportación a los Estados Unidos, Japón, Chile y Nueva Zelanda, los productores de ésta fruta en México aplicaron el tratamiento hidrotérmico a partir de 1988.

Una de las desventajas que se puede presentar al aplicar el tratamiento con agua caliente es provocar que la fruta sufra un sobrecalentamiento, lo que ocasiona una deshidratación en la fruta tratada, que se observa luego del periodo de almacenamiento. Es por ello la importancia de aplicar adecuadamente el tratamiento, ya que el fruto puede mostrar efectos de deshidratación que afectarán la apariencia y calidad de la fruta que llegará al consumidor. Otra desventaja es que requiere el uso de aguas cloradas para evitar contaminaciones; además, el cloro puede interactuar con compuestos presentes en la superficie del fruto (como suciedad) y perder efectividad manteniéndose aún el riesgo de contaminación.

Actualmente existen alternativas cuarentenarias con aire húmedo caliente y por irradiación para exportar el mango a Estados Unidos y se está estudiando la aplicación de atmósferas controladas (PROSERCO, 2003).

2.7.2. Aire caliente hidro-forzado (ACHF)

Los tratamientos con ACHF consisten en impulsar un elevado flujo de aire caliente (T_{aire} entre 47-49° C), cargado con una humedad variable controlada, a través de fruta que está contenida en recipientes de fondo perforado estibados uno sobre otro, formando una columna, dentro de una cámara apropiada. El objetivo de estos procedimientos es eliminar la presencia de moscas de la fruta del género *Anastrepha*.

El 6 de febrero de 1995 se publicó en el Diario Oficial de Estados Unidos la regulación que autoriza la importación de mangos de México tratados con ACHF, de acuerdo con los criterios y procedimientos descritos en una regulación propuesta que había sido anteriormente publicada el 14 de noviembre de 1994.

Actualmente existen en nuestro país tres cámaras comerciales para aplicar el tratamiento de Aire Caliente Forzado, las cuales están ubicadas en el Estado de Michoacán y se aplican en mangos y en toronjas (Martínez, 2007).

2.7.3. Tratamiento con aire caliente

Otra metodología que se usa para tratar el mango infestado con moscas de las frutas, es el tratamiento con aire caliente, el cual consiste en someter al fruto a una corriente de aire a 48 grados centígrados por diferentes tiempos, media hora, una o dos horas, dependiendo del fruto; posteriormente, se saca, enfría y almacena, esto además de eliminar las larvas de la mosca, también logra inhibir la síntesis de enzimas y retarda la maduración. En Hawaii, se ha probado que a temperaturas entre 46.2 y 47.2 °C en el centro de la fruta no hay sobrevivencia de huevos ni larvas de *C. capitata*. La humedad relativa de tratamiento es de 40 a 60%, con lo cual se previene el daño a los frutos (Cockrell, 1991).

2.7.4. Uso de baja temperatura

El uso de baja temperatura es otro tratamiento cuarentenario a aplicar contra moscas de las frutas. Su aplicación en naranja (16 días de almacenamiento a temperatura de 1°C ± 0.5°C) causa una mortalidad del 100% en estados inmaduros de *C. capitata* y con el almacenamiento 16 - 20 días a temperatura de 0,6 - 2,3 °C se alcanza una mortalidad mayor al 99% para frutos infestados con *Dacus sp.* (Boscán, 2003).

Los mangos, como muchas otras frutas tropicales y subtropicales, se dañan por las bajas temperaturas durante el almacenamiento. La temperatura de tránsito recomendada varía según las áreas de producción: entre 10 y 13 °C, aunque el riesgo de daño por frío aumenta. A 13°C el proceso de maduración no se detiene completamente y el período de almacenamiento se reduce. Como con casi todas las frutas, la atmósfera controlada, la eliminación de etileno, o el sellado de frutas individuales en bolsas de plástico de permeabilidad controlada, alargan el período de almacenamiento bajo condiciones de laboratorio.

Largos almacenajes, especialmente a bajas temperaturas, disminuyen el contenido de azúcar y ácido de las frutas. Los problemas de calidad son evidentes tras el transporte de la fruta por barco, cuando el tiempo transcurrido entre la cosecha y el consumo alcanza los 35 días. Mangos recién cosechados, almacenados a 18-22 °C alcanzan el estado blando comestible en 8-10 días (INA, 1997).

2.7.5. Irradiación

La irradiación de alimentos es un procedimiento físico, que consiste en exponerlo a la acción directa de ciertas radiaciones electromagnéticas o fotónicas que posean la energía suficiente, con el objeto de conservarlos durante un plazo más o menos largo, preservando del mejor modo posible su calidad sensorial, sanitaria y nutricional.

La irradiación de frutos de exportación con fines de conservación y cuarentena, surge como una alternativa más eficiente a mediano plazo para la eliminación de las moscas de las frutas, aunque requiere costos elevados iniciales, de operación y de mantenimiento de las instalaciones y equipos. Actualmente se cuenta con cierta información técnica para algunos frutos como: mango, uva y zapote, en la Comunidad Económica Europea, Australia y algunos países de América como Chile, Estados Unidos y Canadá (Rangel, 2005).

La irradiación ultravioleta (UV-C) es una tecnología alternativa a la conservación química utilizada para reducir el crecimiento de microorganismos en alimentos. Adicionalmente, la luz UV-C induce mecanismos de defensa en el tejido vegetal metabólicamente activo, provocando la producción de fitoalexinas (Mercier, 1997; Douillet-Breuil *et al.*, 1999) ésta puede estar acompañada por otros mecanismos de defensa tales como: modificaciones de la pared celular, producción de enzimas de defensa y aumento en la actividad antioxidante, esto último ha sido relacionado con posibles beneficios para la salud de los consumidores.

De igual forma se ha observado que el tratamiento con UV-C induce la acumulación de poliaminas, las cuales al actuar como antioxidantes en frutos de mango y duraznos, causan una reducción de los síntomas de daño por frío y el deterioro de los frutos (González-Aguilar *et al.*, 2001 y 2004).

Actualmente el contenido de antioxidantes es considerado un parámetro importante para la calidad de frutas y hortalizas, es de gran interés evaluar los cambios en el estado de éstos después de aplicar nuevas tecnologías emergentes de conservación como tratamientos con UV-C (Holcroft y Kader, 1999; Wang *et al.*, 2002; Ayala-Zavala *et al.*, 2005).

2.7.6. Atmósferas controladas

Las atmosferas controladas (AC) consisten en el almacenamiento de un producto en una atmosfera baja en oxígeno (O_2) y alta en dióxido de carbono (CO_2), la cual permite retardar la sensibilidad al etileno, los procesos fisiológicos relacionados con la maduración y mantener la calidad físico-química del producto.

La conservación en AC tiene la ventaja de mantener mejores características de sabor y presentación, así como causar menos pérdidas del producto fresco. Una AC da la posibilidad de una reactivación vegetativa una vez puesto el fruto en aire atmosférico normal.

Los inconvenientes de la AC son que requiere una inversión inicial muy elevada ya que mantener la adecuada composición de la atmósfera es muy importante, teniéndose la necesidad de un instrumental tecnológico elevado para su control, con limitaciones de apertura de la cámara y también se presentan nuevas fisiopatías y desórdenes en los frutos, propios de las AC.

El mango tiene una vida potencial postcosecha (a 13°C) de 2 - 4 semanas en aire y de 3 - 6 semanas en AC; esto es dependiendo de la variedad y del estado de madurez.

Para el caso del mango la AC óptima debe tener una composición de 3-7% O₂ y 5-8% CO₂ manteniéndolo a una temperatura de 10-15°C, con una humedad relativa de 90%. La exposición a menos del 2% O₂ y/o a más del 8% CO₂ puede inducir alteración del color de la piel, pulpa grisácea y sabor desagradable (Kader, 2008).

2.7.7. Encerado

Al lavar el mango pierde su capa natural de cera, pero puede adicionarse una capa de cera aplicada artificialmente; esa capa debe tener un grosor y una permeabilidad adecuada, para no crear condiciones anaeróbicas dentro del fruto. Esta práctica aumenta la vida útil del fruto, proporciona al producto características especiales de brillo, permite reducir las pérdidas de peso en la postcosecha, proporciona protección contra organismos que causan pudrición y mejora los beneficios de comercialización. Gómez Britto y Mazo Gray, citados por Galvis y Herrera (1995), utilizaron cera comercial TAG (polietileno en emulsión acuosa) y encontraron que el tratamiento no sólo retardó el proceso de maduración sino también disminuyó las pérdidas por deshidratación. Pérez-Agripino (1992) también citado por Galvis y Herrera (1995), indicaron que una capa de cera WAX aplicada como una emulsión en agua o en aceite mineral, aumenta la vida útil del mango en un 50%, ese efecto también es producido por la cera parafinada (Galvis y Herrera, 1995).

2.8. PARÁMETROS DE MADUREZ Y CALIDAD DEL MANGO

La maduración de las frutas está ligada a complejas modificaciones físicas y químicas. Fenómenos especialmente destacados son el ablandamiento, el aumento en el dulzor por la degradación de los hidratos de carbono a compuestos más simples y los cambios en el aroma, en la astringencia y en la coloración. Al ser recolectadas, las frutas quedan separadas de su fuente natural de nutrimentos, pero sus tejidos todavía respiran y desarrollan actividades metabólicas, cuya energía se obtiene de la oxidación de azúcares y otros sustratos, como los ácidos orgánicos, con formación de CO₂ y de agua. Todos estos procesos tienen gran importancia porque inciden en los cambios que se producen durante el almacenamiento, el transporte y la comercialización, afectando también en cierta medida al valor nutritivo de las frutas (Baudi, 1993; Sergent, 1999).

2.8.1. La medida del color

El color es el efecto de un estímulo que se transmite al cerebro, donde es interpretado; el estímulo consiste en la luz transmitida o reflejada por un objeto a partir de la luz que incide sobre él. El ojo humano percibe la luz visible ($380 \text{ nm} < \lambda > 780 \text{ nm}$) y aprecia tres características (Durán, 1978): el tono o tipo de color, que corresponde a la dominancia de unas radiaciones a determinadas longitudes de onda sobre otras (rojo, amarillo,...); la saturación o pureza, que describe el grado en que un color se separa del gris neutro y se acerca a un color puro del espectro (más amarillo o menos amarillo según la cantidad de gris presente en el color); la luminosidad o claridad, que es la cantidad de luz reflejada o transmitida por un objeto de un mismo tono o saturación (brillante, luminoso, etc.).

Lo anterior muestra la necesidad de aplicar métodos instrumentales de medida, basados en las teorías físicas del color, que permitan identificar, definir y comparar entre sí los diferentes colores de una manera objetiva y, al mismo tiempo, fácilmente reproducible.

2.8.1.1. *El espacio físico de colores definido por la Commission Internationale de l'Eclairage (C.I.E.)*

La medida del color está normalizada a nivel internacional, desde la reunión de la *Commission Internationale de l'Eclairage* (C.I.E.) celebrada en París en 1931, donde se estableció una nomenclatura y un espacio de color conocido como sistema CIE. Este sistema se basa en la posibilidad de reconstruir cualquier estímulo coloreado mediante una mezcla de cantidades adecuadas de tres estímulos fundamentales del color. La CIE estableció como colores fundamentales el rojo (700 nm), el verde (546 nm) y el azul (436 nm); y se designaron como X, Y y Z, o valores triestímulo del color de un objeto sometido al iluminante C. El iluminante C corresponde a la luz blanca, de la cual se conoce exactamente su espectro; esta luz aporta la misma cantidad de energía para cada longitud de onda. Cualquier diferencia de color se manifestará como ΔX , ΔY o ΔZ , diferentes de cero donde, ΔX , ΔY o ΔZ son las diferencias entre cada uno de los valores triestímulo de los colores en cuestión (Iglesias, 1994).

Uno de los más conocidos y utilizados es el sistema Hunter (L, a, b). Siendo el CIELAB (CIE L*, a*, b*) el que se ha impuesto en la actualidad, este espacio se usa cada vez más y la mayoría de los colorímetros disponibles en el mercado proporcionan directamente las coordenadas cromáticas CIELAB. Este sistema de medición cromática del color define las coordenadas espaciales del color, es el que representa con más exactitud la sensibilidad del ojo humano por la percepción del color y es por ello que se ha convertido en uno de los métodos más populares de medición.

En este sistema los cambios de color pueden expresarse según:

- L*: denominado luminosidad, brillo o claridad. Es la cantidad de luz incidente que es reflejada por la superficie del mango dentro de un mismo tono o saturación (brillante, luminoso, etc.). Representa el valor de la luminosidad o claridad, y oscila entre 0 (negro) y 100 (blanco). Para los colores oscuros, L* es pequeño, dado que se produce una mayor absorción del color y una menor

reflexión, mientras que para valores claros su valor es grande (menor absorción, mayor reflexión).

- Tono (hue): está relacionado con el tipo de color o tonalidad, y es el atributo por el cual se identifica un color como rojo, verde, azul, naranja, etc. Valores de 90 a 95 evidencian colores verde-amarillentos en tanto que valores de 70 a 75 denotan colores amarillo-naranjas (Osuna *et al.*, 2002). El tono proporciona un ángulo cuyo valor está psicológicamente relacionado con la aceptación visual de los alimentos, cuanto menor sea su valor más amarillo-naranja será la muestra analizada.

- Saturación (pureza o croma): es la relación entre la cantidad de color puro y la cantidad de color gris neutro (muy amarillo, menos amarillo). También se define como la proporción de contenido cromático en el total de la percepción, es decir, la relación entre la cantidad de tono del color predominante y la cantidad de color gris o la suma de todos los tonos espectrales.

2.8.1.2. La medida del color en los mangos

La maduración de los frutos suele estar acoplada a una modificación del color. En el caso del mango, la transición de verde a amarillo está relacionada con una degradación de la clorofila, de modo que se hacen presentes los pigmentos antes encubiertos por la clorofila. Se produce, además, una importante síntesis de carotenoides, pigmentos amarillos característicos de los mangos maduros.

El color es un factor importante que forma parte del atractivo del fruto, permite apreciar su madurez y determina en gran parte su valor comercial, por lo que su seguimiento es de especial interés. La utilización de la metodología “triestimular” permite una medida objetiva de la calidad visual de los frutos (Iglesias, 1994).

2.8.2. Textura

La textura de los frutos depende en gran parte de las pectinas que contienen. Las variaciones en la consistencia se deben a la disminución del contenido de protopectina, que se transforma en pectina soluble, con lo que el contenido en pectina total no varía.

La firmeza es otro de los parámetros que permite estimar el grado de madurez de un fruto ya que la maduración inicialmente mejora y ablanda la textura del fruto, lo que asociado a los cambios en el sabor y color, hace que alcance la máxima calidad comestible. Sin embargo, a medida que este proceso continúa, se produce la sobremaduración, que conduce en última instancia a la desorganización de los tejidos y descomposición del producto.

La firmeza se usa principalmente como índice de cosecha y es medido con instrumentos que registran la fuerza necesaria para una determinada deformación o resistencia a la penetración de un émbolo de dimensiones conocidas (López, 2003).

2.8.3. Acidez y pH

Durante la maduración del mango disminuye la concentración de los ácidos alifáticos, sobre todo el málico y el cítrico, y también los ácidos fenólicos, que se metabolizan a partir de un cierto grado de madurez. Esto produce la desaparición del sabor agrio y de la astringencia, para dar lugar a un sabor suave y al equilibrio dulzor-acidez de los frutos maduros.

La mayoría de las frutas son particularmente ricas en ácidos orgánicos que están usualmente disueltos en la vacuola de la célula, ya sea en forma libre o combinada como sales, esterios, glucósidos, etc. La acidez libre (acidez titulable) representa a los ácidos orgánicos que se encuentran libres y se mide neutralizando los jugos o extractos de frutas con una base fuerte.

Para reportar la acidez, se considera el ácido orgánico más abundante del producto vegetal, el cual varía dependiendo de la especie de que se trate, por lo que el resultado se expresa en términos de la cantidad del ácido dominante (en el caso del mango se trata del ácido cítrico). La abundancia de los ácidos orgánicos cuando el fruto está verde hace que el pH sea bajo por consiguiente permite un seguimiento y establecimiento de la madurez fisiológica (Berger, 2004).

2.8.4. Sólidos solubles (°Brix)

Al principio del almacenamiento de las frutas existe un aumento de la proporción de sacarosa y de azúcares reductores, coincidiendo con la hidrólisis del almidón, lo que contribuye a incrementar el dulzor típico de las frutas maduras. Después de alcanzar un máximo, el contenido de azúcares reductores apenas varía, mientras que el de sacarosa disminuye sensiblemente.

La determinación de sólidos solubles es uno de los parámetros más utilizados como índice de madurez, ya que nos dan una idea de la cantidad de carbohidratos que actúan como sustratos respiratorios, además de que estos azúcares son en gran parte responsables de las características organolépticas del fruto. Con esta determinación se mide directamente el contenido de azúcar debido a que es a menudo el principal componente de los sólidos solubles, sin embargo, debe admitirse que también hay otros sólidos solubles como ácidos orgánicos y minerales. Es mucho más fácil y útil medir los sólidos solubles totales en el jugo extraído mediante un refractómetro (López, 2003).

2.8.5. Respiración

Se trata de un proceso metabólico mediante el cual las frutas y hortalizas consiguen energía para su actividad. La respiración es la degradación oxidativa de los productos más complejos presentes en las células a moléculas más simples, como CO₂ y H₂O con liberación de energía. La intensidad respiratoria (IR) de un

fruto depende de su grado de desarrollo, y se mide como la cantidad de CO₂ (mg) que desprende 1 kg de fruta en 1 hora (Lamúa, 2000).

A lo largo del crecimiento, se produce el incremento de la respiración, la que disminuye lentamente hasta el estado de maduración. Después de alcanzar un mínimo, se produce un aumento, más o menos rápido, de la intensidad respiratoria hasta alcanzar un máximo, denominado pico climatérico, después del cual disminuye de nuevo.

En general, la calidad óptima de los frutos se alcanza en un intervalo de tiempo, más o menos estrecho, alrededor del pico. El climaterio se define como un periodo de evolución de ciertos frutos en los que se sucede una serie de cambios bioquímicos que se inician con la producción auto catalítica de etileno (hormona de maduración), marcando el paso del crecimiento hacia la senescencia, con un aumento en la respiración y que conduce a la maduración (Herrera, 1992).

El mango es un fruto climatérico que suele recolectarse antes del citado pico, de forma que termina de madurar fuera del árbol. El climaterio también tiene lugar si las frutas permanecen en el árbol, pero entonces el proceso es más lento. Las frutas climatéricas maduras en el árbol son de mejor calidad, pero el periodo de conservación de la fruta es más corto por lo que para la distribución comercial se recolectan antes. (Herrera, 1992).

JUSTIFICACIÓN

El mango es uno de los frutos de mayor consumo en México, además ocupa el primer lugar como país exportador de este fruto en el mundo. Las variedades de mayor exportación son Tommy Atkins, Haden, Kent y Keitt. En los últimos años, la variedad Ataulfo ha incrementado sustancialmente su volumen de exportación, debido principalmente a sus características sensoriales, mayor vida de anaquel y preferencia de asiáticos y latinos residentes en Estados Unidos que demandan cada vez más esta variedad (SAGAR, 1999).

En el año 2001 esta variedad solo representaba alrededor del 8.7% del volumen de producción en el país, y en 2006 alcanzó el 20.4% para ubicarse en el segundo lugar y ser superada solamente por la variedad manila (SAGARPA^b, 2010).

Pese al crecimiento acelerado en el volumen de exportación de la variedad Ataulfo, existen pocos trabajos donde se haya evaluado su calidad y el impacto que pudieran tener algunos factores en la vida postcosecha del mismo (Osuna et al., 2002). Por tal razón se planteó este trabajo con el objetivo de evaluar el efecto de la radiación UV-C como tratamiento postcosecha para el mango, alternativo al tratamiento hidrotérmico, sobre la sobrevivencia de una cepa patógena inoculada sobre la superficie del mango.

3. HIPÓTESIS

Ya que los tratamientos postcosecha modifican la microbiota superficial del mango (que puede incluir microorganismos antagonistas), una contaminación posterior a estos con una enterobacteria patógena promoverá su sobrevivencia.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Comparar el efecto del tratamiento hidrotérmico del mango, y de un tratamiento postcosecha alternativo, con controles no tratados, en la sobrevivencia de una enterobacteria patógena.

Objetivos particulares

1. Solicitar cepas aisladas del mango y de casos clínicos para realizar el trabajo; con el fin de seleccionar una resistente a un antibiótico en particular para cuantificarla, distinguiéndola de los miembros de la microbiota natural del mango.
2. Comparar el efecto de los tratamientos postcosecha del mango y de la temperatura de almacenamiento, en sus parámetros físicos, fisiológicos y fisicoquímicos.
3. Comparar el efecto de los tratamientos postcosecha del mango y de la temperatura de almacenamiento, en la sobrevivencia de una cepa patógena, inoculada después de los tratamientos.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. DIAGRAMA GENERAL DE TRABAJO

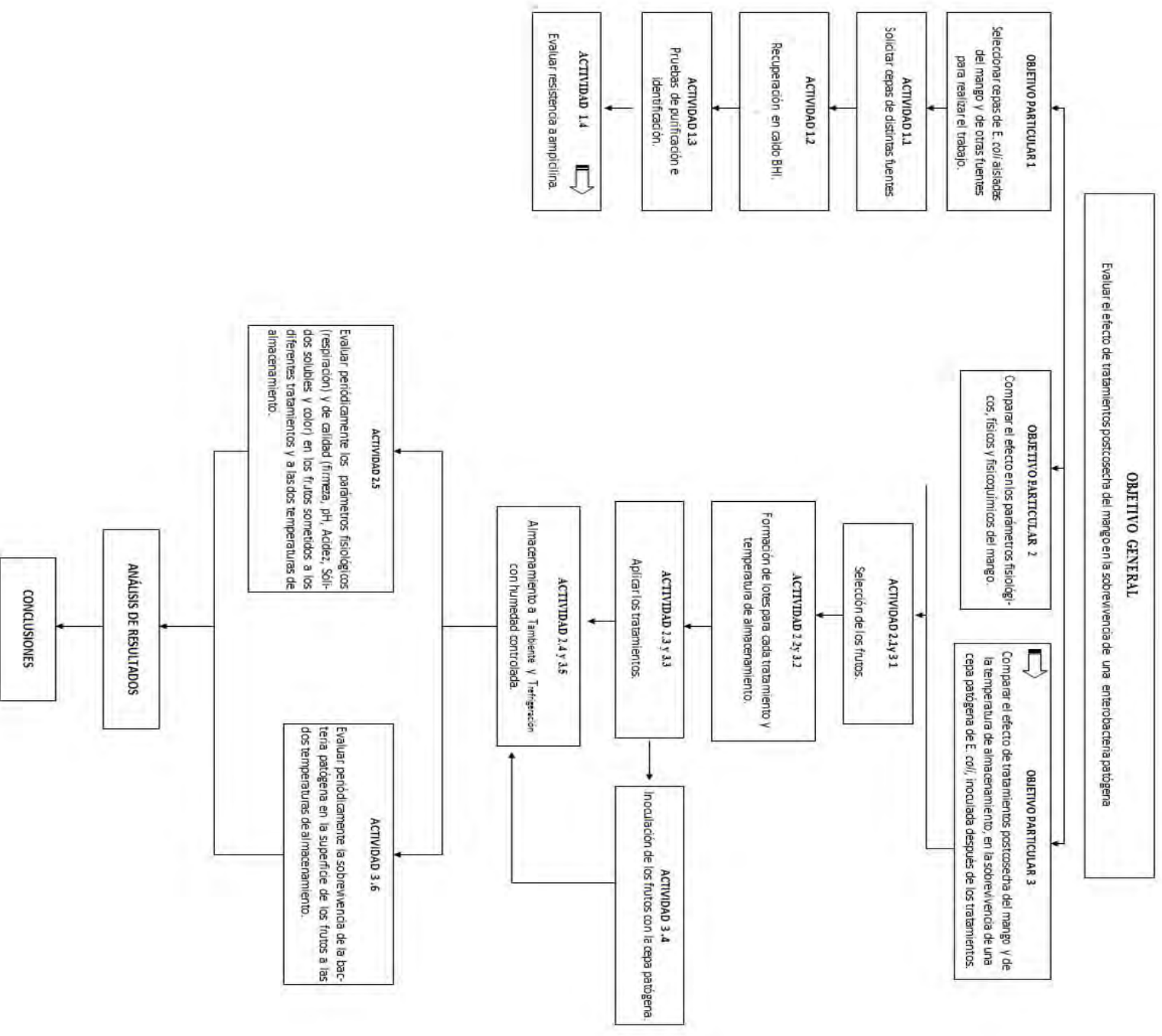


Figura 8. Cuadro metodológico

5.2. CEPAS PATÓGENAS PROCEDENTES DEL MANGO Y DE OTRAS FUENTES

Se probaron cepas de distintas procedencias (tabla 5), entre ellas se contaba con una que fue aislada del mango en trabajos anteriores realizados por Pérez J., 2007.

A partir de estas cepas se buscó seleccionar una que utilizáramos posteriormente para lograr el objetivo particular 3 (Comparar el efecto de los tratamientos postcosecha del mango y de la temperatura de almacenamiento en la sobrevivencia de una cepa patógena, inoculada después de los tratamientos). Los criterios de selección fueron la confirmación de pureza y la resistencia a un antibiótico en particular; descritos en el apartado 5.2.2 y 5.2.3 de este capítulo.

5.2.1. Material biológico

TABLA 5. CEPAS PATÓGENAS

Fuentes Cepas	UNAM Facultad de Química Colección Lab 324	UNAM Facultad de medicina	UAM Unidad Xochimilco
<i>E.coli</i>	011	41120 49766	95269 ¹
	10536	39188 49064	95217 ¹
	20922	ETEC 46802	95238 ¹
	108412 ²		95268 ¹
<i>Salmonella</i>	Thiphymurium**	Aislada del Nopal	Ohio 74407
	Enteritidis**	SC**	Thiphymurium 14026
	Nitra **		Montevideo 74225

¹ Cepas aisladas del pozol; ² Aislada el mango; **, SC: sin clave de identificación; y el resto de origen clínico

5.2.2 Confirmación de pureza

La recuperación de las cepas, que se encontraban en los medios de conservación en glicerol a -4°C, se realizó en el medio Infusión cerebro corazón (BHI) y se incubaron a 37°C durante 24 horas. Después se sembraron por estrías en agar nutritivo y se incubaron a 37°C durante 24 horas.

5.2.2.1. Prueba de catalasa

Se tomó una colonia aislada, y se distribuyó sobre una gota de agua oxigenada colocada en un porta objetos. La aparición de burbujas indica la presencia de catalasa, que cataliza la conversión de H_2O_2 en H_2O y O_2 . En este caso al tratarse de enterobacterias el resultado de la prueba debe ser positivo.

5.2.2.2. Tinción de Gram

Se prepararon los *frotis* bacterianos a partir de colonias aisladas con no más de 18 horas de incubación. Se realizó la tinción de Gram. Los *frotis* fueron examinados al microscopio. En este caso al tratarse de enterobacterias se esperaba observar bacilos Gram negativos.

5.2.3. Evaluación de la Resistencia a ampicilina

De acuerdo con el objetivo principal del presente trabajo, se pretendió estudiar la sobrevivencia de una cepa que pudiera ser inoculada en la superficie de los mangos. No obstante, era necesario distinguir nuestra cepa del resto de la microbiota propia del fruto, ya que era posible que se encontraran otras cepas en la superficie de los mangos. Para esto se buscó una cepa que fuese resistente a Ampicilina (en la colección del laboratorio ya se contaba con una cepa que fue aislada del mango en trabajos previos, resistente a ampicilina, siendo la razón de que se escogiera este antibiótico en particular).

Debido a lo descrito en el párrafo anterior se decidió evaluar la resistencia a ampicilina de las cepas provenientes de distintas fuentes. Se reactivaron las cepas en BHI incubándose a $37^\circ C$ durante 24h y posteriormente se sembraron por estrías en una caja *Petri* de 9 cm de diámetro que contenía 20 mL de agar nutritivo (BD Difco TM) y 20 mL de agar nutritivo (BD Difco TM) con ampicilina (GIBCO, N° 11593-027) en concentración de $50 \mu g/mL$ y se incubaron a $37^\circ C$ por 24 h.

Finalmente se observó el crecimiento de la cepa en ambos medios. Se tomo como prueba positiva cuando se observaba un crecimiento y como prueba negativa cuando este no era apreciado.

PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO CON AMPICILINA (50 µg/mL). Se preparó agar nutritivo (BD Difco TM) siguiendo las instrucciones del proveedor y una vez atemperado el medio (45°C), se añadió la solución acuosa de ampicilina esterilizada por filtración en membrana con un diámetro de poro de 0.45 µ.

5.3. CALIDAD DE LOS MANGOS SOMETIDOS A TRATAMIENTOS POSTCOSECHA Y EFECTO DE TRATAMIENTOS POSTCOSECHA DEL MANGO EN LA SOBREVIVENCIA DE *E. coli* 108412.

5.3.1. Material biológico

Se trabajó con mangos frescos en estadio preclimatérico de la variedad Ataulfo procedentes del estado de Guerrero de las cosechas de Abril a Agosto del 2009, estos fueron adquiridos en la Central de abastos de la Ciudad de México; y con una cepa que se obtuvo a partir de los criterios de selección mencionados en el apartado 5.2 (cepas patógenas provenientes del mango y de otras fuentes).

Los mangos se transportaron en huacales de madera envueltos en papel de estraza hasta el Laboratorio de Postcosecha de Productos Vegetales del Centro de Asimilación Tecnológica de la UNAM (Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán campus 3).

5.3.2. Tratamiento previo de la muestra

Con el fin de trabajar con lotes homogéneos se seleccionaron los mangos del mismo peso, color y tamaño (se midió diámetro longitudinal y ecuatorial con un

vernier), sin daños mecánicos o por insectos y con el mismo grado de madurez (figura 9).

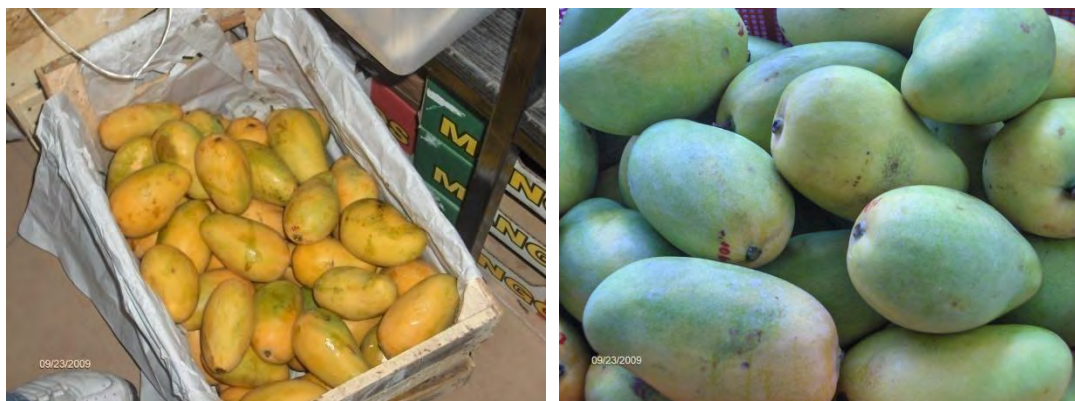


Figura 9. Criterios de selección. A la izquierda se muestran aquellos mangos que no cumplieron con los criterios de selección y a la derecha aquellos que sí fueron seleccionados para el experimento.

Los frutos de lavaron con agua aplicada por aspersion para eliminar la suciedad y fueron secados con corrientes de aire. Posteriormente fueron distribuidos en lotes de acuerdo al diseño de cada experimento (ver 5.3.3).

Durante el manejo de los frutos se utilizaron guantes para evitar una contaminación cruzada debido a su manipulación.

5.3.3 Diseño experimental

EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS MANGOS ATAULFO

Los experimentos se realizaron por triplicado. Los mangos fueron repartidos en lotes por cada tratamiento (control, tratamiento hidrotérmico y tratamiento UV-C) y a cada temperatura de almacenamiento (ambiente y refrigeración). Cada lote constaba de 12 frutos y cada unidad de muestreo de 3 mangos (tabla 6).

Las unidades de muestreo fueron tomadas a las 24, 72, 120 y 168 horas. Se procedió a evaluar para cada unidad la respiración y se determinaron las características físicas (diámetro, color, peso) y fisicoquímicas (pH, acidez, sólidos solubles), de acuerdo a la metodología descrita en el apartado 5.3.7 (métodos analíticos para evaluar la calidad de los mangos Ataulfo) de este capítulo.

TABLA 6. DISEÑO DEL EXPERIMENTO PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LOS MANGOS ATAULFO SOMETIDOS A EXPERIMENTACIÓN

TRATAMIENTOS	CONTROL		HIDROTÉRMICO		UV-C	
TEMPERATURA	TR	TA	TR	TA	TR	TA
PUNTOS DE MUESTREO						
24 h	3	3	3	3	3	3
72 h	3	3	3	3	3	3
120 h	3	3	3	3	3	3
168 h	3	3	3	3	3	3

N= 72 mangos; TR: temperatura de refrigeración (10°C), TA: temperatura ambiente (20°C)

EVALUACION DE LA SOBREVIVENCIA DE LA BACTERIA

Para realizar el experimento se utilizó un lote por cada tratamiento (control, tratamiento hidrotérmico y tratamiento con UV-C) y para cada temperatura de almacenamiento (ambiente y refrigeración). Cada lote constaba de 30 frutos y cada unidad de muestreo de 5 mangos (tabla 7).

TABLA 7. DISEÑO DEL EXPERIMENTO PARA EVALUAR LA SOBREVIVENCIA DE LA BACTERIA

	CONTROL	TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO	TRATAMIENTO CON LUZ UV-C
Antes del tratamiento	2 x 5		
Después del tratamiento			
0h	2 X 5	2 X 5	2 X 5
Almacenamiento			
4h	2 X 5	2 X 5	2 X 5
8h	2 X 5	2 X 5	2 X 5
24h	2 X 5	2 X 5	2 X 5
72h	2 X 5	2 X 5	2 X 5
120h	2 X 5	2 X 5	2 X 5
168h	2 X 5	2 X 5	2 X 5
No. de mangos	80	70	70

N= 220 mangos

*Nota: 2x5 se refiere a que hay un lote por cada temperatura de almacenamiento

Las unidades de muestreo fueron tomadas antes de aplicar los tratamientos, después de aplicar los tratamientos (cero horas) y a las 4, 8, 24, 72, 120 y 168 horas de almacenamiento. Se procedió a determinar para cada unidad de muestreo la sobrevivencia de la bacteria en la superficie de los mangos de acuerdo a la metodología descrita en el apartado 5.3.8 (métodos para determinar la sobrevivencia de la bacteria en la superficie de los mangos) de este capítulo.

5.3.4. Preparación de los frutos para evaluar la sobrevivencia de la bacteria

Una vez que fueron seleccionados los frutos y repartidos en lotes para la determinación de sobrevivencia de la bacteria, se les marcaron 2 círculos (con un área de 6.8 cm²) en un costado, realizados con un disco estéril y posteriormente se colocaron en charolas plásticas y se mantuvieron a temperatura ambiente hasta la aplicación de los tratamientos.



Figura 10. Marcado de los mangos con el disco estéril.

5.3.5. Tratamientos

5.3.5.1. Control

Sólo con el tratamiento previo de la muestra (apartado 5.3.2). Los mangos se almacenaron a las diferentes condiciones descritas en el apartado 5.3.6 de este capítulo.

5.3.5.2. Tratamiento hidrotérmico

Para realizar este tratamiento se simuló un sistema como el utilizado en empacadoras para mangos de exportación (figura 11). Se utilizó un baño de agua caliente provisto de un Termoregulador (Marca Techne, Modelo FTE-10AP), que consiste en un recipiente metálico con dimensiones de 60 cm de largo por 30 cm de ancho y 30 cm de alto, el cual se llenó con agua destilada hasta tres cuartas partes de su capacidad con el fin de no desbordar el agua cuando fueran introducidos los frutos.



Figura 11. Equipo para el tratamiento hidrotérmico.

Para el calentamiento del agua se utilizó una resistencia eléctrica conectada a un termostato que fue ajustado a la temperatura a la cual se aplicó el tratamiento; junto con el termostato se encontraba una pequeña bomba de recirculación que tenía el propósito de mantener a una temperatura homogénea toda el agua del sistema.

Los mangos fueron sumergidos en el baño de agua caliente a una temperatura de 46.1 °C, por un tiempo de 65min. Estas condiciones son estipuladas en el acuerdo entre el Ministerio de Agricultura de Estados Unidos (USDA) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México (SAGARPA) para mangos de exportación (USDA, APHIS-IS Y SAGARPA^a-DGSV,

2010), en el que se establecen dichas condiciones de acuerdo con las características de peso y tamaño de los frutos. Como complemento del sistema se utilizó una malla metálica para evitar que los mangos estuvieran en contacto directo con la resistencia eléctrica y así evitar posibles quemaduras en los frutos. Como herramienta auxiliar para tener un mejor control de la temperatura del agua fueron utilizados dos termómetros.

Una vez transcurrido el tiempo se sacaron del baño de agua caliente y se colocaron en un baño de agua fría durante 30 min para atemperarlos. Después se colocaron en una superficie plana y se dejaron secar.

Finalmente los mangos se almacenaron a las diferentes condiciones descritas en el apartado 5.3.7 de este capítulo.

5.3.6.3. *Tratamiento con Irradiación UV-C*

Para realizar los tratamientos por radiación UV-C se utilizó una cámara de 80 cm X 100 cm X 80 cm (figura 12). Dentro de la cámara estaba colocada una lámpara germicida (marca Sankyo Denki, Modelo G15 T8) de 15 W. De la radiación emitida por este tipo de lámparas el 82% se encuentra dentro de la región del UV-C con una longitud de onda de 250 – 280 nm (Erkan *et al.*, 2001). Dentro del espectro electromagnético la región de la irradiación UV-C se encuentra en la longitud de onda de entre 100 – 280 nm (INM, 2006).

Como medida de seguridad se utilizaron una máscara industrial de policarbonato con filtros para gases y un par de guantes.

Para el tratamiento por UV-C los mangos fueron colocados dentro de la cámara en una superficie plana a una distancia de 15 cm de la lámpara, los mangos se irradiaron durante 20 minutos. Se dividió la mitad del tiempo de exposición por una cara y la mitad para la otra cara, propiciando así una radiación completa en toda la superficie del fruto.



Figura 12. Cámara de irradiación.

El tiempo de irradiación se seleccionó de acuerdo a estudios previos ya existentes y se utilizó aquel que no provocara daño físico (quemaduras) en la superficie del fruto de manera evidente (Pérez L., 2008). Al retirar los mangos de la cámara de irradiación estos fueron colocados en recipientes de plástico con tapa, puestos dentro de una cámara de extracción durante 20 min para que así transcurriera el tiempo suficiente para que dejaran de emitir compuestos volátiles.

Finalmente se almacenaron los mangos a las diferentes condiciones descritas en el apartado 5.3.6 de este capítulo.

5.3.6. Condiciones de almacenamiento

Los mangos fueron almacenados en cámaras de incubación a dos diferentes temperaturas y con humedad controlada durante 168 horas.

5.3.6.1. Temperatura

Se trabajó a dos temperaturas de almacenamiento: temperatura ambiente (20°C) y temperatura de refrigeración (10°C).

5.3.6.2. *Humedad*

Se utilizaron soluciones saturadas de sulfato de potasio (K_2SO_4) para controlar la humedad dentro de las cámaras de incubación.

La humedad óptima de conservación para el mango es de 85-95%. La humedad que se alcanzó en la experimentación fue de $70 \pm 5\%$, este porcentaje resultó ser el máximo de humedad que se pudo obtener dentro de las cámaras de incubación disponibles en el laboratorio.

5.3.7 Métodos analíticos para evaluar la calidad de los mangos Ataulfo

5.3.7.1. *Parámetros de calidad*

5.3.7.1.1. *Determinación de pH y acidez total para la pulpa y la cáscara*

Se pesaron 10 g de muestra y se homogeneizaron con 90 mL de agua destilada, se filtró y de este filtrado se determinó el pH de manera directa usando un potenciómetro manual digital (marca HANA instrumets, modelo pHep1).

Para la determinación de la acidez total se tomo una alícuota de 20ml del filtrado, se agregaron tres gotas de indicador fenolftaleína y posteriormente se valoro la disolución con Hidróxido de Sodio 0.1 N (AOAC, 1994).

5.3.7.1.2. *Sólidos solubles (°Brix)*

El contenido de sólidos solubles se determino por medición directa del jugo de la fruta con un refractómetro (marca ATAGO, modelo 2313), colocando una gota de la muestra sobre el refractómetro previamente calibrado y ajustado a temperatura ambiente expresándose los resultados como °Brix.

5.3.7.1.3. *Pérdida de peso*

Se registró utilizando una balanza digital (marca OHAUS serie 800). Considerando la diferencia en el peso inicial y final, el resultado se expresó como porcentaje de pérdida de peso de los frutos. El peso inicial se registró el día en que los frutos llegaron al laboratorio.

5.3.7.1.4. *Determinación del color*

La medición del color se efectuó mediante un colorímetro (marca Minolta, modelo CR300) por el sistema Hunter Lab que representa la cromaticidad en coordenadas rectangulares. Los valores que proporciona este sistema son **a** en las abscisas, que van desde valores negativos para el verde a valores positivos para el rojo; los valores de **b** en ordenadas que van desde el azul al amarillo; y el parámetro **L** que representa la luminosidad desde la reflexión nula (L=0) a reflexión difusa perfecta (L=100).

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

5.3.7.1.5. *Determinación de firmeza*

Se determinó con ayuda de un penetrómetro manual (marca TR, modelo FT327) de acuerdo a la fuerza necesaria para ocasionar la ruptura de la piel y la penetración del fruto. En el penetrómetro se utilizó una sonda cilíndrica de 5 mm de diámetro penetrando sobre una de las caras laterales del fruto. Se tomó la lectura de manera directa. Los resultados se expresan en kg/cm².

5.3.7.2. *Parámetros fisiológicos*

5.3.7.2.1. *Determinación de la respiración*

Se determino tomando en cuenta la producción de CO₂ generado por los frutos, los frutos se colocaron en contenedores de vidrio sellados y después de un periodo de una hora, no mayor para evitar daños por ausencia de O₂ y acumulación de CO₂ en el sistema, se midió la acumulación de CO₂ en la atmósfera del contenedor sellado. Para su cuantificación se conecto la salida del contenedor a un analizador de gases (marca ANALYZER Nitec, LLC) y se tomó el dato una vez transcurrido un minuto. Los resultados se expresaron en mg CO₂/Kg⁻¹ h⁻¹.

5.3.8. Métodos para determinar la sobrevivencia de la bacteria en la superficie de los mangos.

5.3.8.1 *Preparación del inóculo*

La cepa se reactivó en caldo BHI incubándose a 37° C durante 24h. Posteriormente se sembró por estrías en cajas *Petri* de 9 cm de diámetro que contenían 20 ml de agar nutritivo con ampicilina (50 µg/ml) y se incubaron a 37° C por 24 h, transcurrido ese tiempo se tomó una colonia aislada que se colocó en caldo BHI incubándose a 37° C durante 16 h.

Para la preparación del inóculo se centrifugó la suspensión con microorganismos a 15000 rpm durante 15 min a 4° C, a continuación se descartó el sobrenadante y el pellet fue suspendido en 5ml de agua peptonada al 0.1% estéril para volverse a centrifugar a 15000 rpm durante 15 min a 4° C; de igual manera se descartó el sobrenadante y el pellet finalmente se resuspendió en agua peptonada al 0.1%. De esta forma el inóculo queda conteniendo 1.9 x 10⁸ UFC/mL (cantidad que se determinó a través de cuenta en placa).

5.3.8.2 Inoculación de los frutos

Los lotes de frutos se colocaron bajo condiciones asépticas y fueron inoculados a temperatura ambiente con 100µl del inóculo conteniendo 1.9×10^8 UFC/mL. El inóculo se colocó en pequeñas gotas en toda la superficie marcada y dejándolo secar durante 1 hora a temperatura ambiente, los frutos se almacenaron a las diferentes condiciones de temperatura y con humedad controlada.

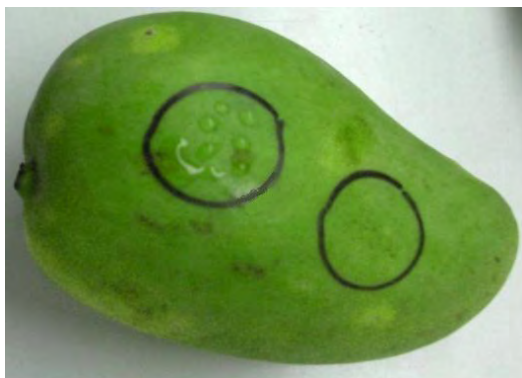


Figura 13. Mango inoculado

5.3.8.3 Toma de muestras y análisis microbiológicos

Se realizó una toma de muestras antes de aplicar los tratamientos para asegurar la ausencia de microorganismos resistentes a ampicilina. La cuantificación de bacterias se realizó después de inocular los frutos (tiempo cero), y a las 4, 8, 24, 72, 120 y 168 horas con el objetivo de dar seguimiento a la sobrevivencia de *la bacteria* en la superficie de los frutos.

La toma de muestras se realizó con un hisopo estéril humedecido con agua peptonada al 0.1% estéril, que se frotó sobre la superficie inoculada, después se colocó el hisopo en un vial que contenía agua peptonada al 0.1% estéril. Y se agitó por espacio de 1 minuto, a partir de esta suspensión se hicieron diluciones seriales.

De estas diluciones se tomaron 100µl y se inocularon en agar nutritivo que contenía 50µg/mL de ampicilina. Se incubaron a 37° C durante 24 h.

Como control negativo se tomó una muestra de un área de igual magnitud a la inoculada, pero de frutos sin inocular, y como control positivo se tomaron 100µl del inóculo diluido en 5mL de agua peptonada al 0.1% y se inocularon de la misma forma en agar nutritivo con ampicilina.



Fig 14. Métodos de trabajo

5.3.9 Análisis estadístico

EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS MANGOS ATAULFO

Los experimentos se realizaron por triplicado para obtener resultados significativos y con ello realizar un análisis estadístico confiable y representativo. Se aplicó a los datos obtenidos el análisis estadístico de varianza (ANOVA) y se realizaron pruebas de rango múltiple para establecer si existe diferencia significativa entre los diferentes tratamientos estudiados (control, hidrotérmico y UV-C) a las dos temperaturas de almacenamiento.

EVALUACION DE LA SOBREVIVENCIA DE LA BACTERIA

Se determinaron las diferencias significativas en las cuentas de las bacterias patógenas que fueron inoculadas en los mangos control (sin tratamiento) y con cada uno de los tratamientos a las diferentes temperaturas (T_{amb} y $T_{refrigeración}$) y tiempos de almacenamiento.

A los datos obtenidos se aplicó el análisis estadístico de varianza (ANOVA) y se realizaron pruebas de rango múltiple para establecer la diferencia significativa entre los tratamientos estudiados (control, hidrotérmico y UV-C) a las dos temperaturas de almacenamiento.

Para ambos experimentos el análisis se llevó a cabo con el programa estadístico SPSS versión 17.0 Windows Student Version.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. SELECCIÓN DE CEPAS

En la tabla 8 se presentan las diferentes cepas de *E. coli* con las que se trabajó, solo tres de ellas cumplieron con las características de resistencia a ampicilina y dieron resultado positivo en la prueba de catalasa. De estas tres cepas solamente *E. coli 108412* presentó colonias puras y con resistencia a ampicilina.

TABLA 8. OBTENCIÓN DE CEPAS DE *E. coli* PATÓGENAS AISLADAS DEL MANGO Y DE OTRAS FUENTES

MICROORGANISMO	COLONIAS PURAS	CATALASA	RESISTENCIA A AMPICILINA	SE CONSERVARON
<i>E. coli 20922</i> ²	SI	+	-	NO
<i>E. coli 10536</i> ²	SI	+	-	NO
<i>E. coli 011</i> ²	SI	+	-	NO
<i>E. coli 41120</i> ²	NO	+	+	SI
<i>E. coli 39188</i> ²	NO	+	+	SI
<i>E. coli Etec</i> ²	SI	+	-	SI
<i>E. coli 108412</i>[*]	SI	+	+	SI
<i>E. coli 49064</i> ²	NO	+	-	NO
<i>E. coli 46802</i> ²	NO	+	-	NO
<i>E. coli 49766</i> ²	NO	+	-	NO
<i>E. coli 95269</i> ¹	SI	+	-	NO
<i>E. coli 95217</i> ¹	SI	+	-	NO
<i>E. coli 95238</i> ¹	SI	+	-	NO
<i>E. coli 95268</i> ¹	SI	+	-	NO

*Aislada del mango, ¹Del pozol, ²De origen clínico

En el caso de las cepas de *Salmonella* (tabla 9) varias cepas (marcadas en recuadro gris) presentaron colonias puras que dieron resultado positivo a la prueba de catalasa, sin embargo no se encontró ninguna resistente a ampicilina.

TABLA 9. OBTENCIÓN DE CEPAS PATÓGENAS DE *Salmonella* AISLADAS DE OTRAS FUENTES

MICROORGANISMO	COLONIAS PURAS	CATALASA	RESISTENCIA A AMPICILINA	SE CONSERVARON
<i>S. Typhimurium</i> ¹	NO	+	-	SI
<i>S. Enteritidis</i> ¹	SI	+	-	SI
<i>S. Nitra</i> _{XLD} ¹	SI	+	-	SI
<i>S. Nitra</i>_{HK}¹	SI	+	-	SI
<i>Salmonella</i> ² _{nopal AS}	SI	+	-	SI
<i>Salmonella</i> ² _{nopal MCK}	SI	+	-	SI
<i>S. Montevideo</i>⁴ 74225	SI	+	-	SI
<i>S. Ohio</i> ⁴ 74407	SI	+	-	SI
<i>S. Typhimurium</i>⁴ 14026	SI	+	-	SI
<i>Salmonella</i> ³ _{AS}	NO	+	-	NO
<i>Salmonella</i> ³ _{MCK}	NO	+	-	NO

AS: agar sangre, MCK: agar Mc Conkey, XLD: agar xilosa-lisina-desoxicolato, HK: agar hektoen enterico

¹De origen clínico, colección del Lab. 324 de Alimentos y Biotecnología, FQ. ²Aislada del nopal, Facultad de Medicina

³De origen clínico, Facultad de Medicina ⁴De origen clínico, UAM

De entre todas las cepas estudiadas, se seleccionó a *E. coli 108412* para evaluar su sobrevivencia sobre la superficie de los frutos, ya que resultó ser la única que presentó las características deseadas.

6.2. CALIDAD DE LOS MANGOS ATAULFO SOMETIDOS A EXPERIMENTACIÓN

La calidad es un factor clave en la comercialización del mango ya que los consumidores exigen cada vez estándares más altos, tanto en los parámetros fisicoquímicos relacionados con la madurez, así como en apariencia externa.

Este capítulo se enfocará a la determinación de los parámetros fisiológicos (respiración) y de calidad (firmeza, pH, acidez, sólidos solubles y color) del mango Ataulfo, con la finalidad de conocer las características del material en estudio.

Estos parámetros se encuentran descritos en la normatividad y nos ayudan a determinar la calidad de los frutos y clasificarlos para su distribución en el mercado.

6.2.1. Especificaciones de acuerdo con la norma NMX-FF-058-SCFI-2006. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano – fruta fresca – mango (*Mangifera indica* L.)

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-058-SCFI-2006 los mangos se pueden clasificar como: extra, primera clase, segunda clase, subestándar y mango niño. Nuestros mangos se clasificaron como frutos de primera clase, presentando un peso promedio de 230 ± 36.86 g que los ubicó en el calibre 20 (número de frutos equivalente a 4.53 kg de peso) (SCFI, 2006). En la siguiente tabla se observan las características físicas de los mangos con los que se trabajó:

TABLA 10. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL MANGO.

PARÁMETRO	PROMEDIO*
Peso (g)	230 ± 36.86
Diámetro (cm)	5.07 ± 0.34
Longitud (cm)	9.05 ± 0.70
Peso (g)/ longitud(cm)	25.35 ± 2.81

*Los datos presentados son el promedio de tres repeticiones. N= 12

Por otro lado, la norma indica los parámetros mínimos aceptables de textura y sólidos solubles (indicadores de madurez) que deben tener los mangos al llegar a una empacadora. En la tabla 11 se muestran los valores alcanzados al final del seguimiento durante el almacenamiento a temperatura ambiente.

TABLA 11. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD

PARÁMETRO	PROMEDIO*
pH	4.4 ± 0.34
Acidez (% Ácido cítrico)	0.15± 0.06
Sólidos solubles (°Brix)	16.6 + 1
Firmeza (kg/cm ²)	12+0.02

*Los datos presentados son el promedio de tres repeticiones. N= 12

La actividad climatérica es otra característica importante que hay que tener en cuenta para un adecuado manejo y almacenamiento postcosecha de los mangos. Se mide por medio de la tasa respiratoria y por lo tanto resulta como un indicador del potencial de vida del fruto durante el almacenamiento.

En la figura 15 se observan los resultados de la actividad respiratoria medida en función de la producción de CO₂ de los mangos variedad Ataulfo almacenados a 20 ± 1°C con HR de 70 ± 5%.

Habitualmente la respiración desciende con lentitud hacia valores bajos antes del comienzo de la maduración, y aumenta gradualmente hasta alcanzar su máximo valor conforme avanza la madurez del fruto, y al final desciende nuevamente hacia el término de la madurez y la senescencia (Pérez L., 2008).

En el preclimaterio (E1) se observó un valor alrededor de 105 mg CO₂/Kg_{peso fresco}h a partir del tercer día se presentó el inicio del climaterio (E2) con un aumento en la respiración, alcanzando un valor promedio de 224 mg CO₂/Kg_{peso fresco}h. En el quinto día se alcanzó el máximo climatérico (E3) con valor de 379 mg CO₂/Kg_{peso fresco}h, que indica que los frutos se encontraban en el punto de madurez comercial, habiendo desarrollado sus características de color, olor y sabor para distribución. Al final se observa una disminución de la tasa respiratoria que indica el paso hacia la senescencia (hacia E4).

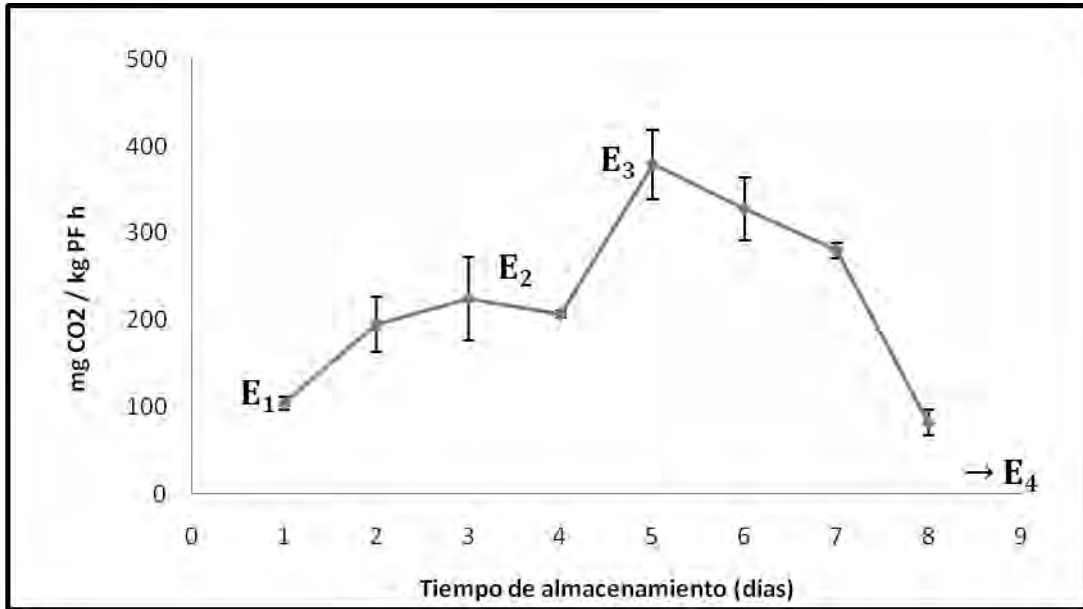


Figura 15. Cambios en la respiración del mango variedad Ataulfo durante el almacenamiento a 20°C.

No se observa el periodo de senescencia como tal (E4) debido a que los cambios en la tasa respiratoria fueron observados únicamente durante un periodo de 8 días, lo que se esperaba observar es que la tasa respiratoria se mantuviera en una línea semi-recta con valores debajo de los que presentaron los demás estadios a lo largo del tiempo. Esto se realizó de esta forma para que los datos obtenidos en la evaluación de la calidad de los frutos puedan ser estudiados en conjunto con el seguimiento a la sobrevivencia de *E. coli 108412*.

6.2.2. Efecto de los tratamientos postcosecha y de la temperatura de almacenamiento sobre los cambios en la respiración del mango Ataulfo.

Un tratamiento postcosecha debe tener un efecto mínimo en la producción de CO₂ del fruto estudiado, cuando los procesos metabólicos del fruto relacionados con su respiración son afectados significa que puede haber consecuencias en la maduración del mismo, acelerándola o inhibiéndola (Pérez L., 2008).

El valor de la intensidad respiratoria (IR) es un índice del metabolismo interno del fruto y da una idea de la percepción de la madurez y conservación de la fruta. A

más alto valor de IR, más maduro es el fruto. La intensidad climatérica en el fruto se refleja en un aumento de la actividad respiratoria durante la maduración organoléptica.

En las figuras 16 y 17 se observan los cambios en la respiración de los mangos Ataulfo a 10 y 20°C, medida en función de la producción de CO₂ para los diferentes tratamientos, hidrotérmico (46.1°C y 65 min), irradiación con luz UV-C ($\lambda=240-260$ y 20 min) y el control.

En los resultados para los mangos almacenados a 20°C (figura 16) se advierte que todos los lotes mostraron tendencias similares a las del grupo control, aunque la aplicación de ambos tratamientos (hidrotérmico y UV-C) incrementa la tasa de respiración de los frutos con respecto al control. Esto se observa desde el preclimaterio (E1) hasta el máximo climatérico, encontrándose una diferencia significativa entre los frutos sometidos tanto al tratamiento hidrotérmico como al UV-C con respecto al control para todos los días de muestreo.

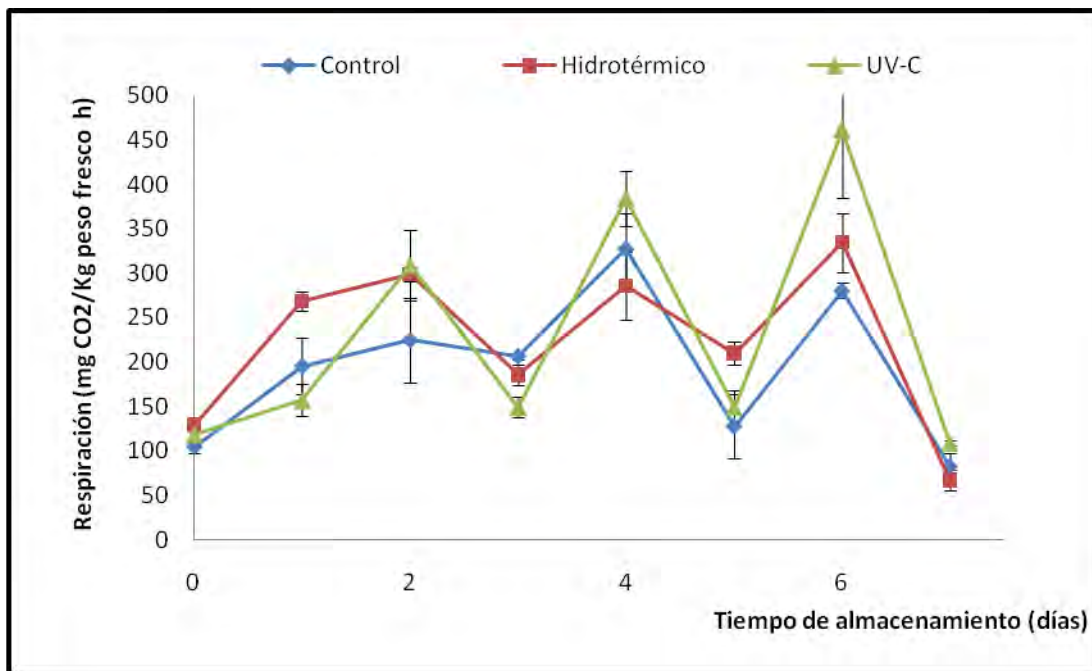


Figura 16. Cambios en la respiración del mango variedad Ataulfo durante el almacenamiento a 20°C para el control y los tratamientos hidrotérmico y por luz UV-C.

Los mangos sometidos al tratamiento por irradiación con luz UV-C fueron los que mostraron un mayor incremento en su respiración (461 mg CO₂/Kg_{peso fresco}h) durante el máximo climatérico (E3), siguiéndole el tratamiento hidrotérmico (335 mg CO₂/Kg_{peso fresco}h) y con menor valor el control (328 mg CO₂/Kg_{peso fresco}h); lo que se atribuye al estrés al que son sometidos los frutos durante los tratamientos.

La aparición del máximo climatérico para los tratamientos postcosecha fue más tardío en comparación con el control. Sin embargo, al acercarse al periodo postclimatérico, todos los frutos tienen la misma tendencia a disminuir su IR en el mismo periodo de tiempo, por lo cual, a pesar de que encontramos que los tratamientos postcosecha propician un aumento en la tasa respiratoria del mango no afectaron su periodo de maduración, ni el periodo de vida útil del fruto.

En cuanto a los resultados para los mangos almacenados a 10°C (figura 17) se observa el mismo comportamiento que a la temperatura de 20°C, en la cual los tratamientos postcosecha incrementan la tasa respiratoria de los frutos en comparación al control. De igual forma fue afectado el periodo de maduración de los mismos. No obstante, en este caso, el tratamiento hidrotérmico fue el que presentó un mayor valor en el máximo climatérico (319 mg CO₂/Kg_{peso fresco}h) siguiéndole el tratamiento UV-C (282 mg CO₂/Kg_{peso fresco}h) y al final el control (192 mg CO₂/Kg_{peso fresco}h).

Comparando los valores de respiración de los frutos a ambas temperaturas de almacenamiento se observa que la tasa respiratoria en el máximo climatérico y para todos los días de muestreo presenta valores más pequeños a la temperatura de refrigeración.

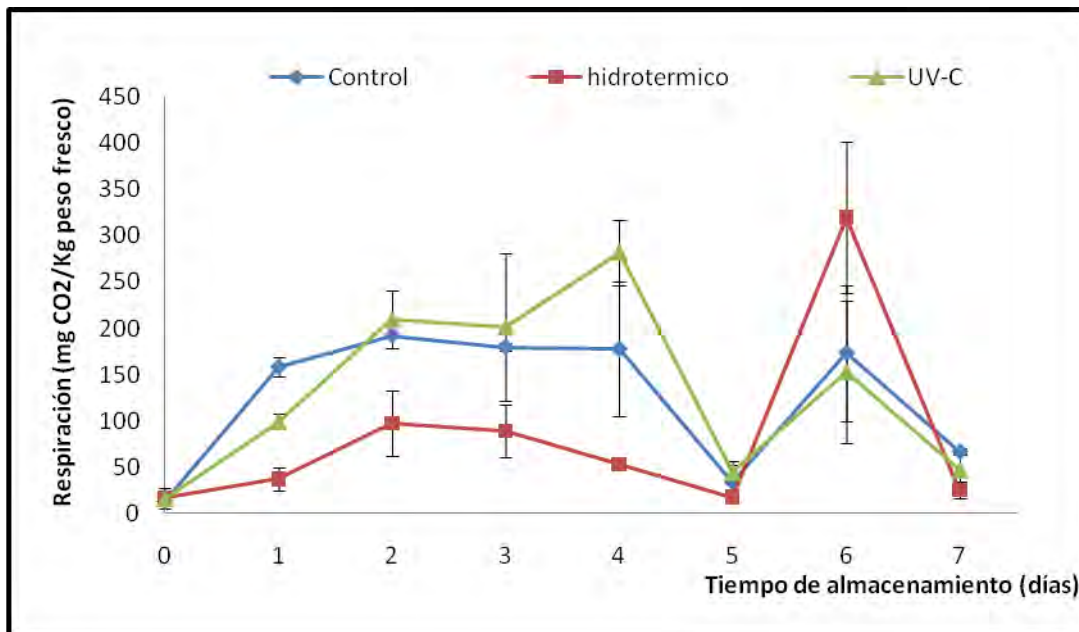


Figura 17. Cambios en la respiración del mango variedad Ataulfo durante el almacenamiento a 10°C para los tratamientos hidrotérmico y por luz UV-C.

6.2.3. Evaluación de los tratamientos postcosecha sobre los parámetros de calidad del mango Ataulfo

La evaluación de los parámetros de calidad del mango en las diferentes condiciones de tratamientos y de temperatura de almacenamiento son de gran importancia, debido a que un tratamiento postcosecha aplicado a los frutos, y las condiciones de almacenamiento de los frutos deben alterar lo menos posible sus características.

La figura 18 muestra los mangos a los cuales se les aplicaron los diferentes tratamientos, durante su primer día de almacenamiento (día 1) y a su último día de almacenamiento (día 7). El análisis estadístico mostró que los tratamientos no difieren entre sí en cuanto a los parámetros de calidad de los frutos; sin embargo sí fue así para cada día de almacenamiento, así como para cada temperatura.

Lo anterior se refleja en la coloración final de los frutos y en su grado de madurez. Por ejemplo, si comparamos los mangos del tratamiento hidrotérmico al día 7

(refrigeración contra ambiente) se observa que los mangos almacenados a temperatura ambiente tienen un mayor grado de madurez.

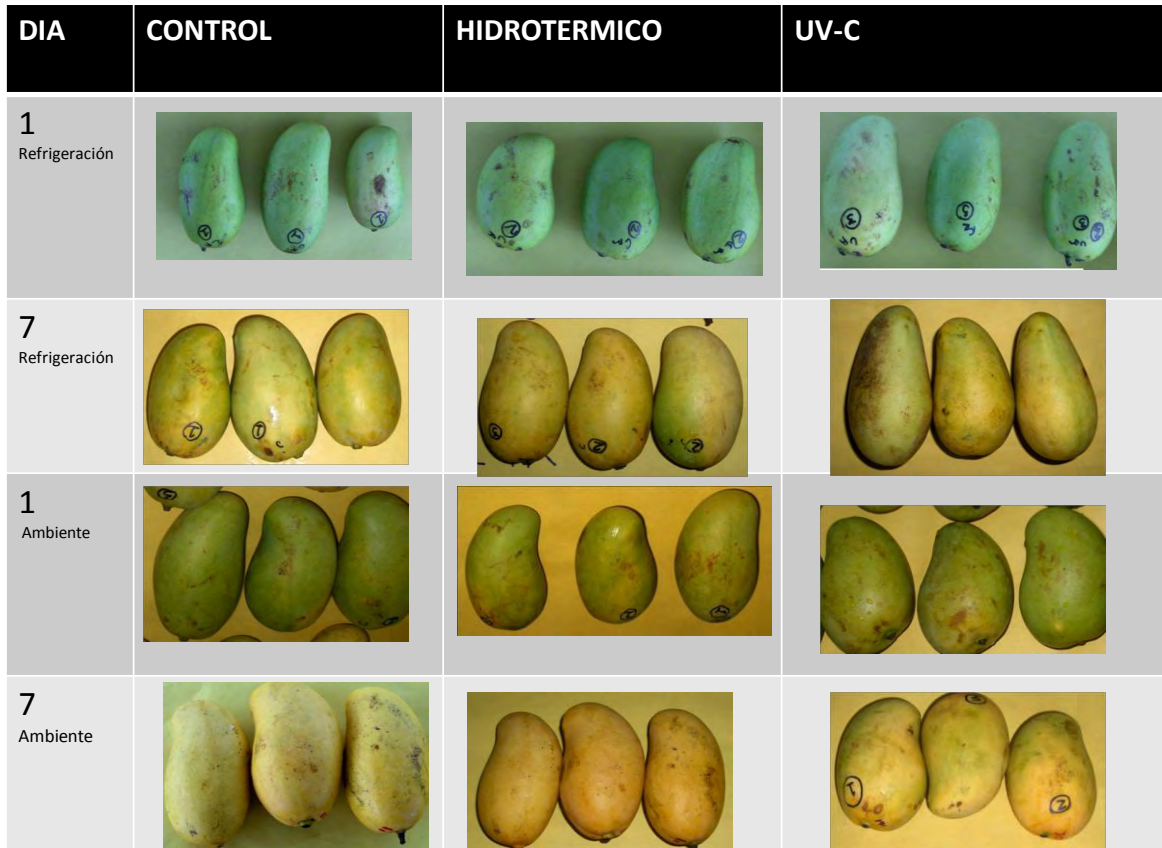


Figura 18. Mangos expuestos a los diferentes tratamientos, mostrados al primero y séptimo día de almacenamiento.

6.2.3.1. Efecto sobre la pérdida de peso

Las frutas aún después de ser cosechadas continúan perdiendo peso, debido a que continúan realizando sus funciones metabólicas. La pérdida de peso puede darse de manera natural en el mango debido a los procesos de respiración-transpiración que se presentan durante la maduración del fruto. Es importante determinar este parámetro debido a que la pérdida de peso afecta directamente a los productores provocando pérdidas económicas significativas.

En la figura 19 se muestra la pérdida de peso durante el periodo de almacenamiento de los mangos a las dos diferentes temperaturas. Comparando los tratamientos aplicados (hidrotérmico y UV-C) y temperaturas de almacenamiento (ambiente y refrigeración) con los controles, se puede observar que la pérdida de peso fue mayor en el tratamiento UV-C a temperatura de refrigeración. Sin embargo, realizando el análisis estadístico se encontró que sólo entre las temperaturas y entre los días de almacenamiento existieron diferencias significativas, mientras que entre los diferentes tratamientos postcosecha no la hay.

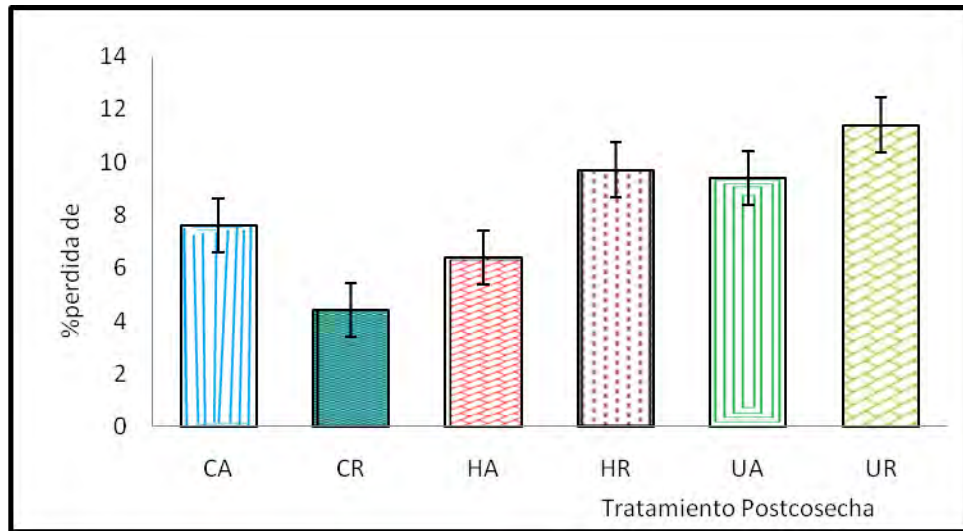


Figura 19. Porcentaje de pérdida de peso de los mangos al final del almacenamiento a 25 y 10°C, HR≈70%.

Las barras verticales indican la desviación estándar.

CA: control sin tratamiento a temperatura ambiente, CR: control sin tratamiento a temperatura de refrigeración, HA: tratamiento hidrotérmico a temperatura ambiente, HR: tratamiento hidrotérmico a temperatura de refrigeración, UA: tratamiento con luz UV-C a temperatura ambiente y UR: tratamiento con luz UV-C a temperatura de refrigeración.

6.2.3.2. Efecto en el pH

Los valores del pH pueden determinar el tipo de microorganismo a los cuales un fruto es más susceptible.

En la figura 20 se observan los cambios de pH que presentó el mango Ataulfo en su pulpa en cada uno de los puntos de muestreo microbiológico. Se observa que el pH aumentó en los tratamientos hidrotérmico y UV-C a temperatura ambiente en

un rango alrededor de 3.5 hasta 4.5 al igual que el control a esa temperatura. Esto se debió a que los sólidos solubles totales (SST) se van incrementando por la acción de la hidrólisis de los carbohidratos complejos transformándolos en azúcares más simples. La acidez del fruto disminuye viéndose reflejada en el aumento del pH, que va incrementándose conforme aumenta la madurez del fruto sin llegar a valores alcalinos, mientras que en la temperatura de refrigeración los procesos metabólicos disminuyen por la temperatura a la cual se encuentran (Pérez L., 2008).

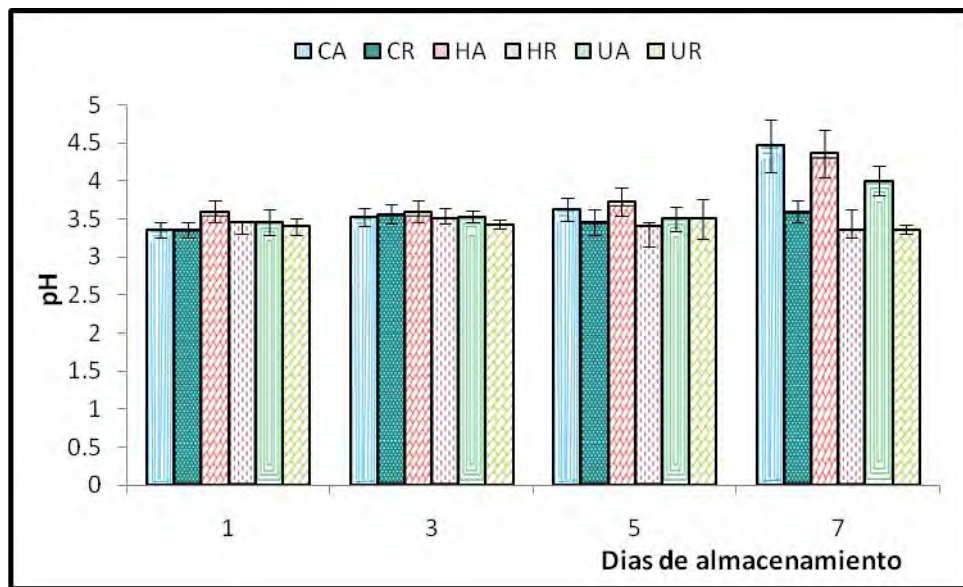


Figura 20. Cambio en el pH de la pulpa de los mangos durante almacenamiento a 25 y 10°C, HR≈70%. Las barras verticales indican la desviación estándar.

CA: control sin tratamiento a temperatura ambiente, CR: control sin tratamiento a temperatura de refrigeración, HA: tratamiento hidrotérmico a temperatura ambiente, HR: tratamiento hidrotérmico a temperatura de refrigeración, UA: tratamiento con luz UV-C a temperatura ambiente y UR: tratamiento con luz UV-c a temperatura de refrigeración

En cuanto al análisis estadístico se encontró que no hay diferencia significativa entre los tratamientos utilizados y el control, pero sí entre las temperaturas y entre los días de almacenamiento.

6.2.3.3. Efecto en la acidez

La figura 21 muestra los cambios en la acidez de la pulpa de los mangos durante su almacenamiento. Se encontró que entre los tratamientos utilizados no hay

diferencia significativa con respecto al control mientras que sí la hay entre las temperaturas y entre los días de almacenamiento. Un resultado similar se encontró en mangos de la variedad Tomy Atkins, en los que el tratamiento no afectó el contenido de ácidos orgánicos de los frutos (González-Aguilar, 2006).

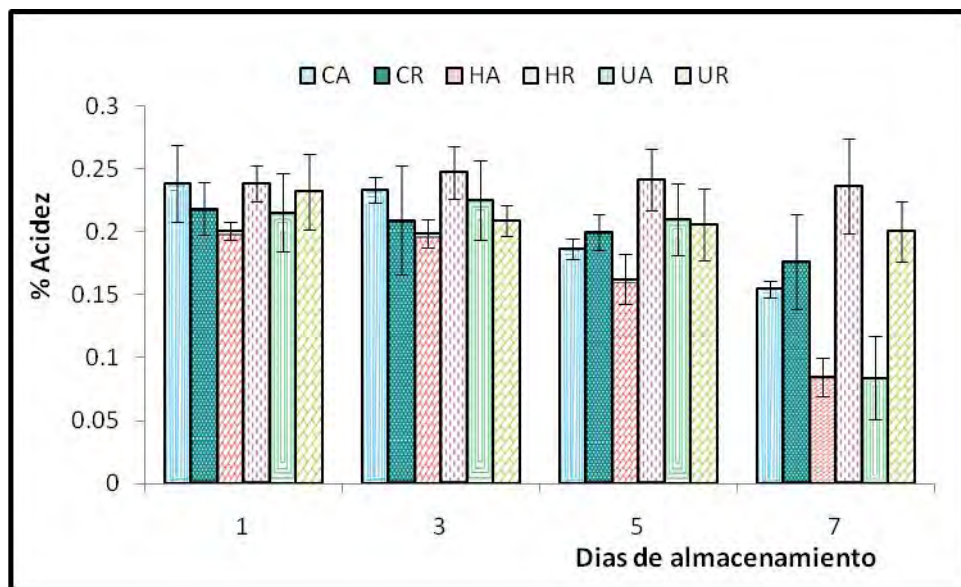


Figura 21. Cambio en la acidez de la pulpa de los mangos durante almacenamiento a 25 y 10°C, HR=70%. Las barras verticales indican la desviación estándar.

CA: control sin tratamiento a temperatura ambiente, CR: control sin tratamiento a temperatura de refrigeración, HA: tratamiento hidrotérmico a temperatura ambiente, HR: tratamiento hidrotérmico a temperatura de refrigeración, UA: tratamiento con luz UV-C a temperatura ambiente y UR: tratamiento con luz UV-c a temperatura de refrigeración

Se aprecia que en los tratamientos hidrotérmico y UV-C para los mangos almacenados a temperatura ambiente el porcentaje de acidez disminuye considerablemente de valores de 0.45% hasta 0.08%. Sucede de igual manera para el control a temperatura de refrigeración, aunque esto no fue tan notable como en el caso de la temperatura ambiente, se piensa que esto sucedió debido a que a bajas temperaturas el proceso de maduración es más lento.

Durante la madurez ocurre una disminución notable en la acidez del mango debido a que los ácidos cítrico, málico y ascórbico disminuyen considerablemente (10, 40 y 2.5% respectivamente) durante la maduración y el primero en desaparecer es el ácido málico, seguido del cítrico (Pérez L., 2008). Si comparamos el pH y la

acidez, se nota claramente que hay una relación inversamente proporcional, es decir, que mientras el pH aumenta la acidez disminuye atribuyéndolo a que los ácidos orgánicos se están degradando. Estos ácidos son importantes como sustratos de la actividad respiratoria en el fruto, jugando un papel significativo en el balance acidez/azúcares y por lo tanto influyen en su sabor y aroma.

6.2.3.4. Efecto en los sólidos solubles (°Brix)

El contenido de azúcares fue medido como SST que es un índice aproximado de la concentración de sólidos disueltos que se acepta comercialmente como si todos los sólidos disueltos se tratasen de sacarosa (Primo, 1998).

Es una característica de calidad importante ya que representa una aproximación a la cantidad de azúcares presentes en la pulpa del fruto. De manera similar al pH y la acidez, se trata de un parámetro fácilmente detectado por el consumidor al degustar el fruto, por ello, si se afecta de alguna forma por el tratamiento postcosecha utilizado, se verá afectada la aceptación del fruto y además son un factor importante para el desarrollo de los microorganismos. Al aumentar los azúcares simples en el fruto, aumenta la disponibilidad de sustratos para el crecimiento de microorganismos invasores (Bourgeois, 1994).

En el análisis estadístico se encontró que no hay diferencia significativa entre los tratamientos y el control, pero si la hay para las temperaturas de almacenamiento (10 y 20°C) y también para los tiempos de almacenamiento. Esto era de esperarse debido a la disminución del metabolismo de los frutos a la baja temperatura de almacenamiento, aunque aún así continúa su ciclo vital natural.

En general los sólidos solubles muestran una tendencia a aumentar mientras va avanzando la maduración de los frutos (figura 22).

El contenido de SST se vio afectado por las temperaturas de almacenamiento: a temperatura ambiente se presenta una maduración más rápida de los frutos por lo que poseen un mayor contenido de SST, mientras que a temperatura de

refrigeración se retrasa la maduración de los frutos y por ende poseen un menor contenido de SST.

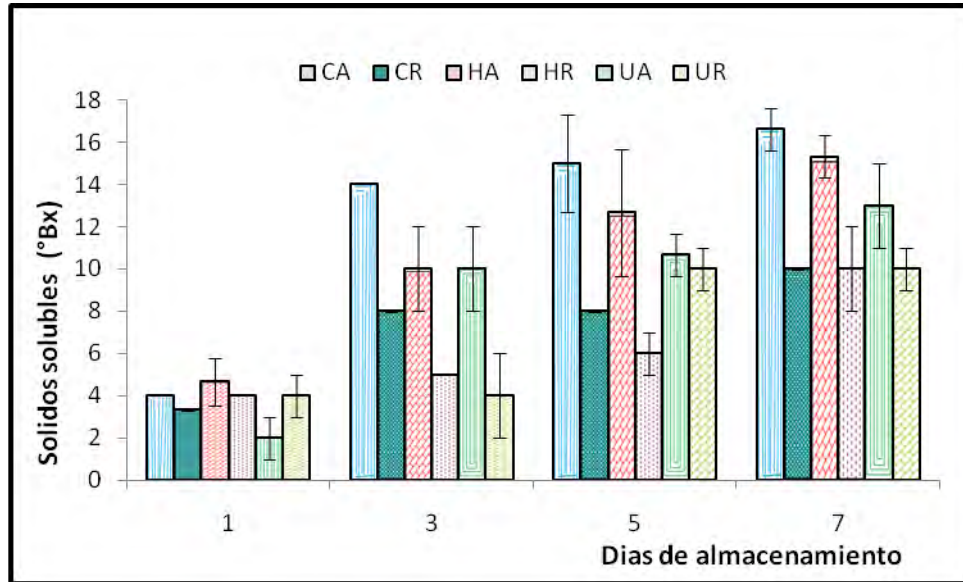


Figura 22. Cambio en el contenido de azúcares de la pulpa de los mangos durante almacenamiento a 25 y 10°C, HR≈70%. Las barras verticales indican la desviación estándar.

CA: control sin tratamiento a temperatura ambiente, CR: control sin tratamiento a temperatura de refrigeración, HA: tratamiento hidrotérmico a temperatura ambiente, HR: tratamiento hidrotérmico a temperatura de refrigeración, UA: tratamiento con luz UV-C a temperatura ambiente y UR: tratamiento con luz UV-c a temperatura de refrigeración

Respecto a los tratamientos utilizados para los mangos almacenados a temperatura ambiente, con el control se obtuvo el mayor valor alcanzando los 16°Brix, le siguió el tratamiento hidrotérmico con 15°Brix y finalmente el tratamiento UV-C con 13°Brix. Se ha determinado que durante los tratamientos térmicos se producen daños, el metabolismo de la degradación de los almidones es alterado (Jacobi *et al*, 2001), lo cual provoca un menor contenido de azúcares en el fruto maduro (Mattoo y Modi, 1969); lo cual sucedió así para nuestros frutos ya que tanto el tratamiento hidrotérmico como el UV-C mostraron menor cantidad final de SST en comparación al control.

6.2.3.5. Efecto en la firmeza

La textura es una característica compleja, resulta de la interacción de varios factores, entre ellos los compuestos de la pared celular y la turgencia que le dan estructura a la piel del fruto, los componentes de la pared celular son pectinas y polisacáridos que mediante la acción de diversas enzimas sufren cambios que propician el ablandamiento de los tejidos durante la madurez del fruto.

La pérdida de firmeza en los frutos se debe a los cambios en el grosor de la pared celular, permeabilidad de la membrana y a la cantidad de espacios intercelulares que contribuyen al ablandamiento de los tejidos. Por esta razón, el ablandamiento de la pulpa es atribuido a diferentes factores concernientes a la alteración de las propiedades de muchos constituyentes de la pared celular y al incremento de los polisacáridos solubles durante la maduración del fruto.

El ablandamiento de la pulpa en el proceso de maduración resulta de la desintegración de la pared celular debido al incremento de la actividad de las enzimas como poligalacturonasa y celulasa resultando en la solubilización de las sustancias pécticas que son estructuralmente necesarias para la pared celular (Lizada, 1993).

En la figura 23 se muestran los cambios que presenta la firmeza del mango sometida a diferentes tratamientos y a las dos temperaturas de almacenamiento. En la temperatura de almacenamiento de 10°C la textura no cambió y se mantuvo constante durante todo el tiempo de almacenamiento, mientras que en la temperatura ambiente se observa que a partir del quinto día hay una disminución en la firmeza de los mangos.

No se presentó diferencia significativa en los tratamientos comparados con el control, mientras que para la temperatura de almacenamiento de 20°C sí se halló diferencia significativa, lo cual se puede apreciar claramente en la figura 23.

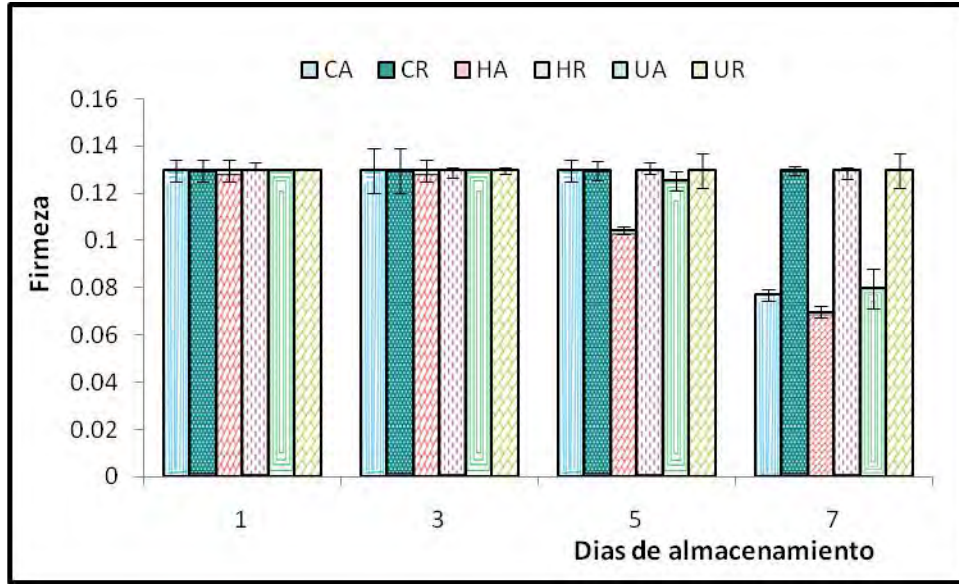


Figura 23. Cambio en la textura de la pulpa de los mangos durante almacenamiento a 25 y 10°C, HR≈70%. Las barras verticales indican la desviación estándar.

CA: control sin tratamiento a temperatura ambiente, CR: control sin tratamiento a temperatura de refrigeración, HA: tratamiento hidrotérmico a temperatura ambiente, HR: tratamiento hidrotérmico a temperatura de refrigeración, UA: tratamiento con luz UV-C a temperatura ambiente y UR: tratamiento con luz UV-c a temperatura de refrigeración

6.2.3.6. Efecto en el color

El color es una característica que determina la aceptabilidad de los mangos, es una de las cualidades que resalta hacia el ojo del consumidor. En el caso del mango Ataulfo, en su color destacan las tonalidades amarillas que presentan pequeños puntos color naranja que aumentan conforme a su maduración. Como se mencionó antes, el color se considera bajo tres aspectos: matiz, brillo o luminosidad y saturación o tono.

En la figura 24 se presentan los cambios en la luminosidad de los mangos, se observa que va aumentando con la maduración tanto en el control como en los dos tratamientos y temperaturas de almacenamiento.

El análisis estadístico de los resultados de luminosidad y tono indican que no hay diferencia significativa entre los tratamientos (hidrotérmico y UV-C) y entre las temperaturas de almacenamiento comparadas con el control, pero si la hay entre

cada uno de los tiempos de muestreo, lo que está relacionado con la maduración natural del fruto.

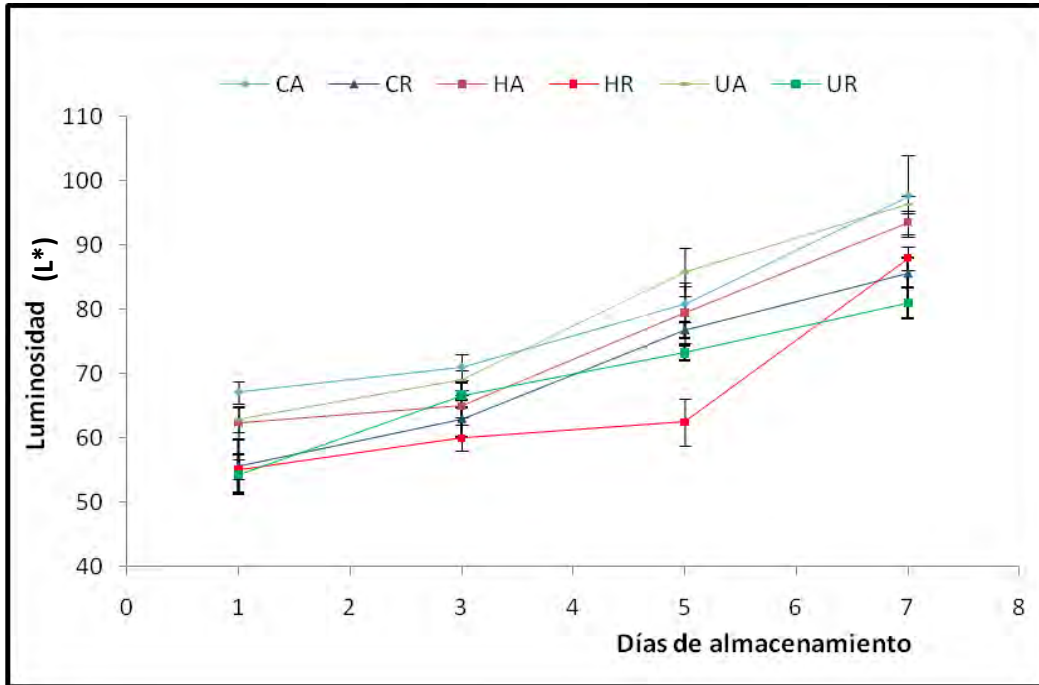


Figura 24. Cambio en la luminosidad (0: negro, 100: blanco) de los mangos durante su almacenamiento a 25 y 10°C, HR≈70%. Las barras verticales indican la desviación estándar.

CA: control sin tratamiento a temperatura ambiente, CR: control sin tratamiento a temperatura de refrigeración, HA: tratamiento hidrotérmico a temperatura ambiente, HR: tratamiento hidrotérmico a temperatura de refrigeración, UA: tratamiento con luz UV-C a temperatura ambiente y UR: tratamiento con luz UV-c a temperatura de refrigeración

El tono, expresado en unidades hue o ángulo de tono, indica con mayor objetividad el verdadero color del fruto (rojo, azul, naranja, etc.), valores de 90 a 95 evidencian colores verde amarillentos en tanto que colores de 70 a 75 denotan colores amarillo-naranjas.

El comportamiento de los frutos respecto al ángulo Hue (figura 25) fue similar para los tratamientos aplicados, excepto para el control a temperatura de almacenamiento de 10°C, el cual no disminuyó al final del periodo de evaluación.

En el preclimaterio los valores de tono fueron de entre 70 y 80 aumentando hacia el climaterio hasta valores de entre 80 y 90 presentándose una disminución en el tono de los frutos hacia el postclimaterio. Los valores obtenidos para la

temperatura ambiente estuvieron por arriba de los obtenidos a temperatura de refrigeración.

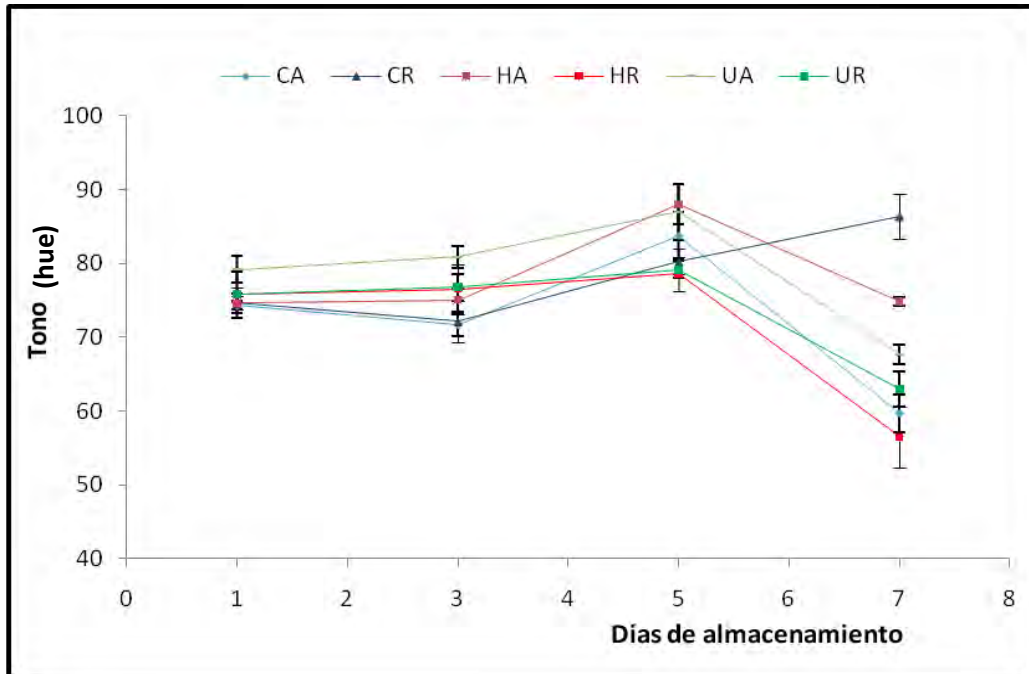


Figura 25. Cambio en la tonalidad de los mangos durante su almacenamiento a 25 y 10°C, HR≈70%. Las barras verticales indican la desviación estándar.

CA: control sin tratamiento a temperatura ambiente, CR: control sin tratamiento a temperatura de refrigeración, HA: tratamiento hidrotérmico a temperatura ambiente, HR: tratamiento hidrotérmico a temperatura de refrigeración, UA: tratamiento con luz UV-C a temperatura ambiente y UR: tratamiento con luz UV-c a temperatura de refrigeración.

El tratamiento hidrotérmico, para los mangos almacenados a temperatura ambiente fue el que obtuvo un valor mayor de tonalidad (figura 25), lo que concuerda con trabajos realizados por Jacobi *et al* (2001), los que mencionan que los tratamientos térmicos aceleran el amarillamiento de la piel de los frutos, según los valores reflejados por los valores del ángulo Hue.

Los valores de croma o intensidad de color (figura 26) para los frutos sometidos a los tratamientos a temperatura ambiente están por arriba de los que presentaron los frutos almacenados a temperatura de refrigeración.

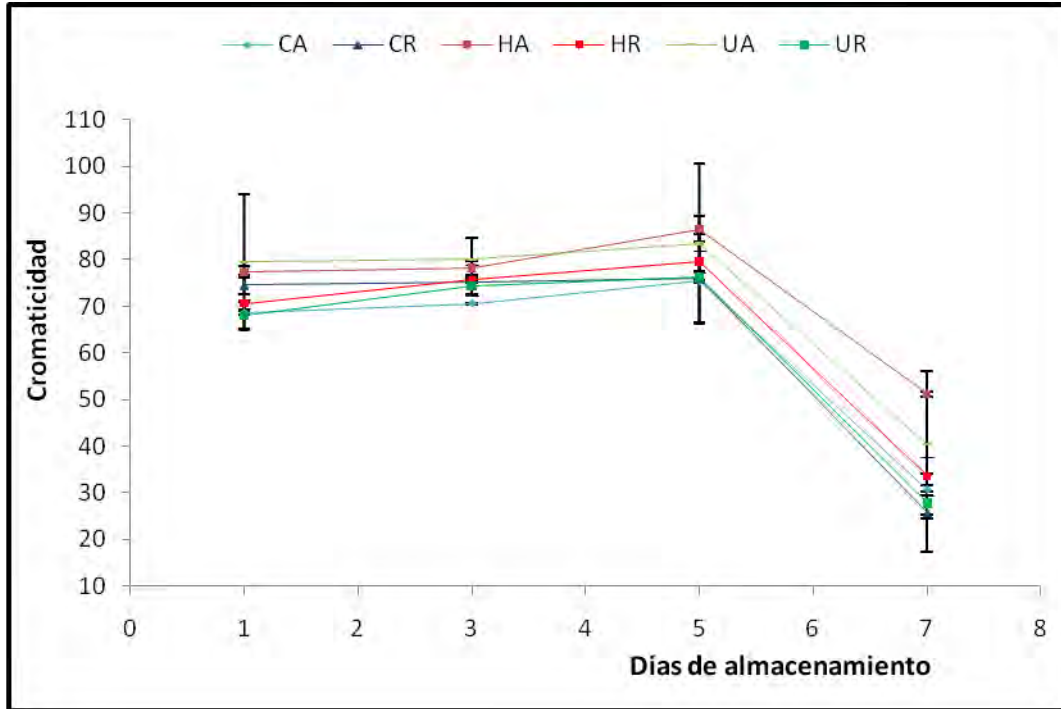


Figura 26. Cambio en la cromaticidad de los mangos durante su almacenamiento a 25 y 10°C, HR≈70%. Las barras verticales indican la desviación estándar.

CA: control sin tratamiento a temperatura ambiente, CR: control sin tratamiento a temperatura de refrigeración, HA: tratamiento hidrotérmico a temperatura ambiente, HR: tratamiento hidrotérmico a temperatura de refrigeración, UA: tratamiento con luz UV-C a temperatura ambiente y UR: tratamiento con luz UV-c a temperatura de refrigeración

El comportamiento respecto a la intensidad de color de los mangos es muy similar para los distintos tratamientos y a las dos temperaturas de almacenamiento, en todos los casos, aumentó hasta el climaterio para después disminuir conforme avanzan los frutos hacia el postclimaterio. El tratamiento que obtuvo la mayor intensidad de color fue el hidrotérmico con los mangos almacenados a temperatura ambiente.

Los cambios en la cromaticidad no presentaron diferencia significativa para los tratamientos aplicados en comparación con el control salvo para las temperaturas de almacenamiento, lo cual se atribuye al retardo en la madurez; lo que indica que los tratamientos aplicados no afectan el parámetro del color en los frutos.

En trabajos realizados por Nyanjage *et al* (1998), se encontró que para el mango variedad Keitt sometido a tratamiento térmico con agua caliente a 46.5°C durante

5 min, se mejoraron significativamente la luminosidad, el ángulo Hue y el croma con respecto al control no tratado.

Para los parámetros de color evaluados en los mangos, la temperatura de refrigeración mostró valores debajo de los obtenidos para el almacenamiento a temperatura ambiente lo que se atribuye completamente al retraso de la maduración. Al ser el mango un fruto tropical, presenta una amplia susceptibilidad al daño por frío, que es un desorden fisiológico, que ocurre al almacenar el fruto a temperaturas menores a la temperatura crítica (10°C), lo que provoca pérdida de la calidad del fruto (Couey, 1982; Mitra y Baldwin, 2002); lo cual no sucedió en este caso.

6.2.4. Evaluación de los parámetros de pH y porcentaje de acidez de la cáscara de los mangos Ataulfo.

Se evaluaron estos parámetros de calidad (figuras 27 y 28) en la cáscara de los mangos ya que se consideran de importancia en relación con la sobrevivencia de los microorganismos en la superficie de los frutos.

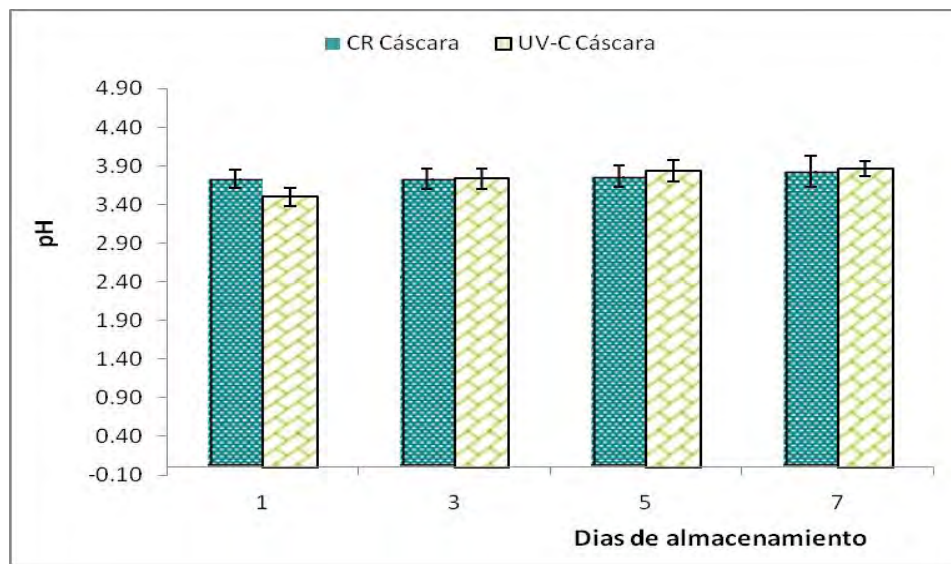


Figura 27. Cambio en el pH en la cáscara del mango durante su almacenamiento a 10°C, HR≈70%.

Las barras verticales indican la desviación estándar.

CR: control sin tratamiento a temperatura de refrigeración, UR: tratamiento con luz UV-c a temperatura de refrigeración

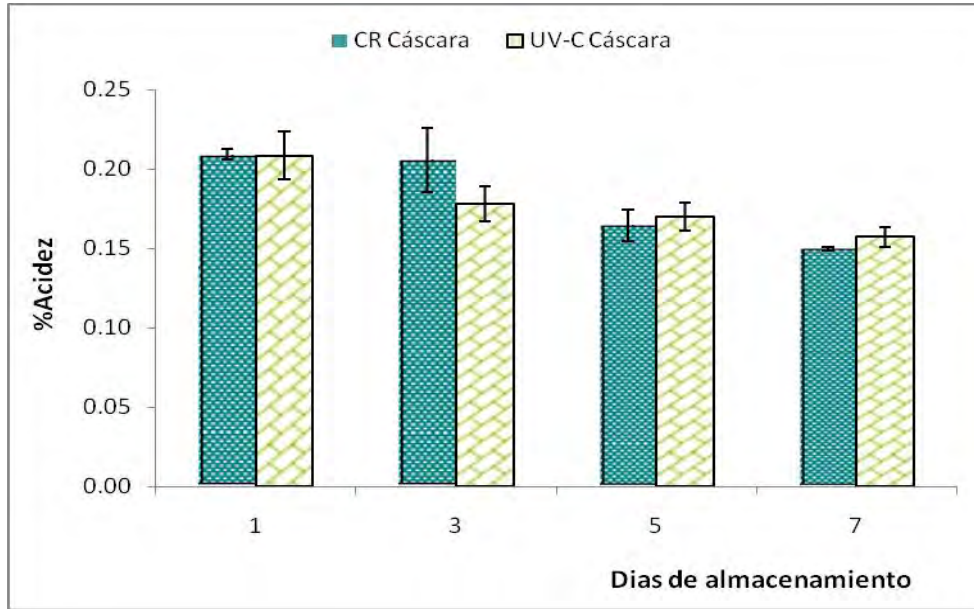


Figura 28. Cambio en el % de acidez en la cáscara del mango durante su almacenamiento a 10°C, HR≈70%.

Las barras verticales indican la desviación estándar.

CR: control sin tratamiento a temperatura de refrigeración, UR: tratamiento con luz UV-c a temperatura de refrigeración

El análisis estadístico sólo mostró diferencia significativa para la acidez entre cada tiempo de almacenamiento, lo cual es de esperarse ya que por la degradación de los ácidos orgánicos la acidez de los frutos disminuye respecto al tiempo. No existió diferencia entre el control y los tratamientos para estos parámetros de calidad.

6.3. EFECTO DE TRATAMIENTOS POSTCOSECHA DEL MANGO EN LA SOBREVIVENCIA DE *E. coli* 108412

Entender el ecosistema de los patógenos humanos en frutas y vegetales frescos es fundamental para lograr minimizar la contaminación, para prevenir su desarrollo y para lograr su eliminación en cualquiera de las etapas de procesamiento. Así mismo se requieren alternativas que ayuden a lograr esto. Entonces, en el caso del mango, se requiere de la búsqueda de nuevos métodos para su tratamiento postcosecha.

Hasta ahora para determinar la sobrevivencia de un microorganismo patógeno se cuantifica únicamente éste en el alimento. Sin embargo, la sobrevivencia del patógeno depende de otros microorganismos que se encuentran en el mismo ambiente (Critzler *et al*, 2010). Tomando en cuenta lo anterior, cada tratamiento modifica la microbiota superficial, lo cual se ha demostrado en otros trabajos (Fernández y Ramírez, en redacción).

Debido a esto es necesario determinar el efecto de cada uno de los tratamientos en la sobrevivencia de *E. coli* sobre la superficie de los frutos.

No se presentó crecimiento de colonias resistentes a ampicilina en las muestras tomadas a los frutos antes de aplicar los tratamientos por lo que se asegura la ausencia de microorganismos resistentes a ampicilina en los mangos.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó un modelo factorial aleatorio, que hace posible evaluar la manera en la cual los efectos de los factores interactúan entre sí. Se obtuvo una diferencia altamente significativa a un nivel de confianza de 1% y 5% entre los tratamientos aplicados, entre las dos temperaturas de almacenamiento utilizada, así como para cada tiempo de muestreo. También fueron evaluadas las interacciones tratamientos-temperatura, tratamientos-tiempo, temperatura-tiempo y tratamientos-temperatura-tiempo obteniéndose de igual forma una diferencia altamente significativa para las cuatro interacciones (Anexo). Esto comprueba lo complicada que es la ecología microbiana y cuan íntimamente relacionados están entre sí todos los factores que influyen en el crecimiento y sobrevivencia de *E. coli 108412* en la superficie de los mangos. Por lo tanto el tiempo, la temperatura y el tratamiento aplicado afectan significativamente la sobrevivencia de *E. coli 108412* en la superficie de los frutos.

Para los tres tratamientos aplicados y para las dos temperaturas de almacenamiento se observó una disminución importante de la concentración del microorganismo inoculado en la superficie de los mangos a lo largo del tiempo (figuras 29 y 30).

La sobrevivencia de *E. coli* 108412 en la superficie de los mangos Ataulfo a 20°C se muestra en la figura 27 y presentó diferencias altamente significativas en todos sus tiempos para los tres tratamientos. Las pruebas de homogeneidad de Duncan mostraron que estas diferencias se deben principalmente a las primeras horas de almacenamiento.

En el caso del control, en la figura 29 se nota una cuenta ligeramente menor que las demás al tiempo cero, posteriormente, se observó un periodo corto de crecimiento, para después disminuir a 7.7×10^2 UFC/mL a las 72h horas de almacenamiento, pero entonces se presentó un periodo de crecimiento en donde alcanzó un máximo de 1.7×10^5 UFC/mL para finalmente recaer la cuenta hasta 41UFC/mL a las 168 horas de almacenamiento; posicionándose así en el tratamiento que alcanzó la cuenta final más baja de UFC/mL a esta temperatura.

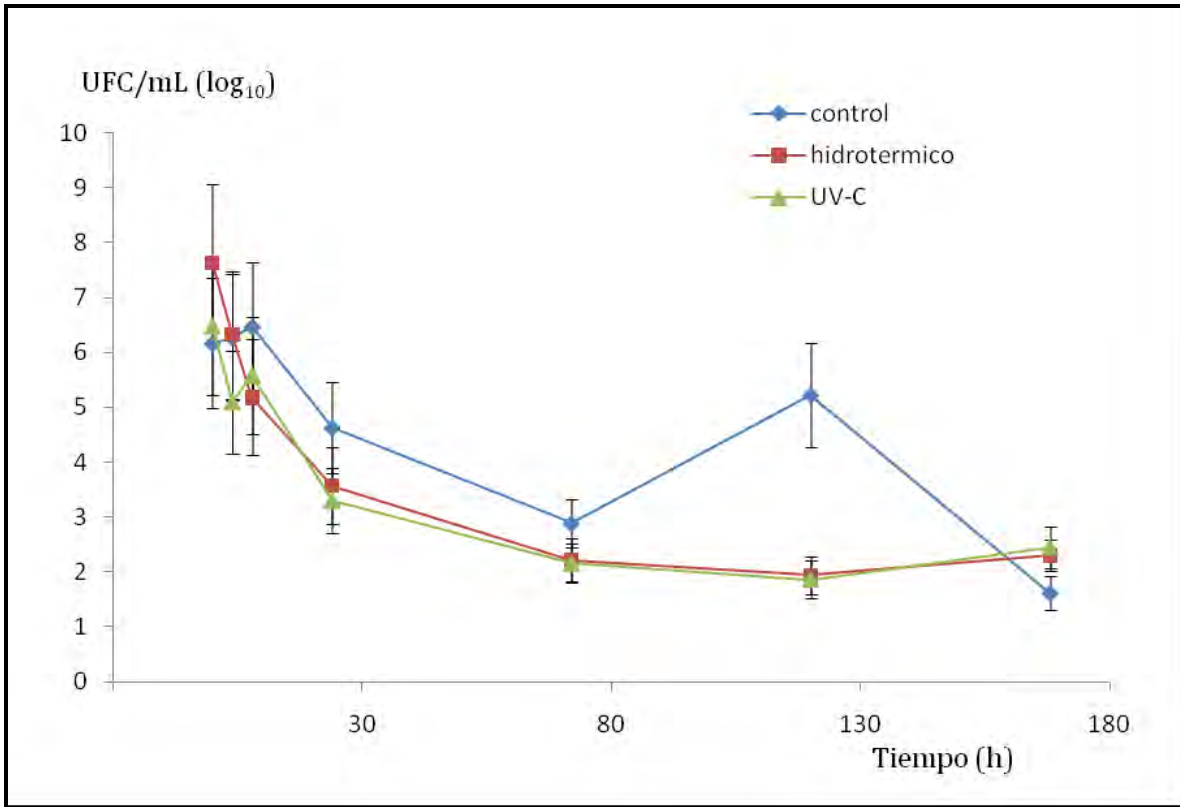


Figura 29. Cambios en la sobrevivencia de *E. coli* 108412 en la superficie del mango durante el almacenamiento a 20°C por 168 h, HR≈70%, después de aplicar los tratamientos (hidrotermico y UV-C). Las barras verticales indican la desviación estándar.

El tratamiento hidrotérmico resultó ser el que favoreció más la sobrevivencia de las bacterias al tiempo cero con una cuenta de 4.2×10^7 UFC/mL, lo que indica que después de este tratamiento se mantuvo todo el inóculo en su superficie, este disminuyó de forma constante hasta las 120 horas de almacenamiento y manteniendo con cuentas de UFC/mL por debajo de las del control, con un ligero aumento a las 168 horas de almacenamiento para quedar en el tiempo final por arriba del control.

De acuerdo con las pruebas de homogeneidad, el tratamiento con luz UV-C no difirió significativamente del control en el caso del tiempo cero, con una cuenta de 3.0×10^6 UFC/mL. Esto indica que tanto el control sin tratamiento como la irradiación con luz UV-C son los que menos permitieron que el inóculo se instalara completamente en la superficie de los frutos a una temperatura de 20°C. Así mismo podemos observar en la figura 29 que la irradiación UV-C fue la que mantuvo las cuentas bacterianas más bajas a lo largo del seguimiento y con un comportamiento constante.

A 20°C la cepa inoculada mostró mayor sobrevivencia en el control, incluso con un periodo de crecimiento (figura 29: punto 6, 120 h), que las inoculadas en los mangos tratados.

Al evaluar la sobrevivencia de *E.coli 108412* en la superficie de los mangos Ataulfo a 10°C (figura 30) también se obtuvieron diferencias altamente significativas en todos sus tiempos para los tres tratamientos, así como para las interacciones entre variables. Las pruebas de homogeneidad de rango múltiple de Duncan mostraron que estas diferencias resultan principalmente al tiempo cero para los tres tratamientos: control con una cuenta inicial de 1.4×10^7 UFC/mL, hidrotérmico con 2.7×10^7 UFC/mL e irradiación UV-C con 4.4×10^7 UFC/mL. Mostrando que en el caso de los mangos sometidos a irradiación UV-C almacenados a temperatura de refrigeración (10°C) hay una mayor permanencia inicial del inóculo en su superficie, y además de esto, las cuentas a lo largo del seguimiento fueron al menos de un orden de magnitud más alto que para el mismo tratamiento a la

temperatura ambiente. Esto puede deberse a que en esta temperatura de almacenamiento existió una mayor disponibilidad de agua debida a la formación de pequeñas gotas de condensación en la superficie de los frutos, al existir poca circulación de aire en las cámaras de refrigeración utilizadas se incrementó la humedad favoreciendo la sobrevivencia de los microorganismos (I.C.M.S.F., 1983).

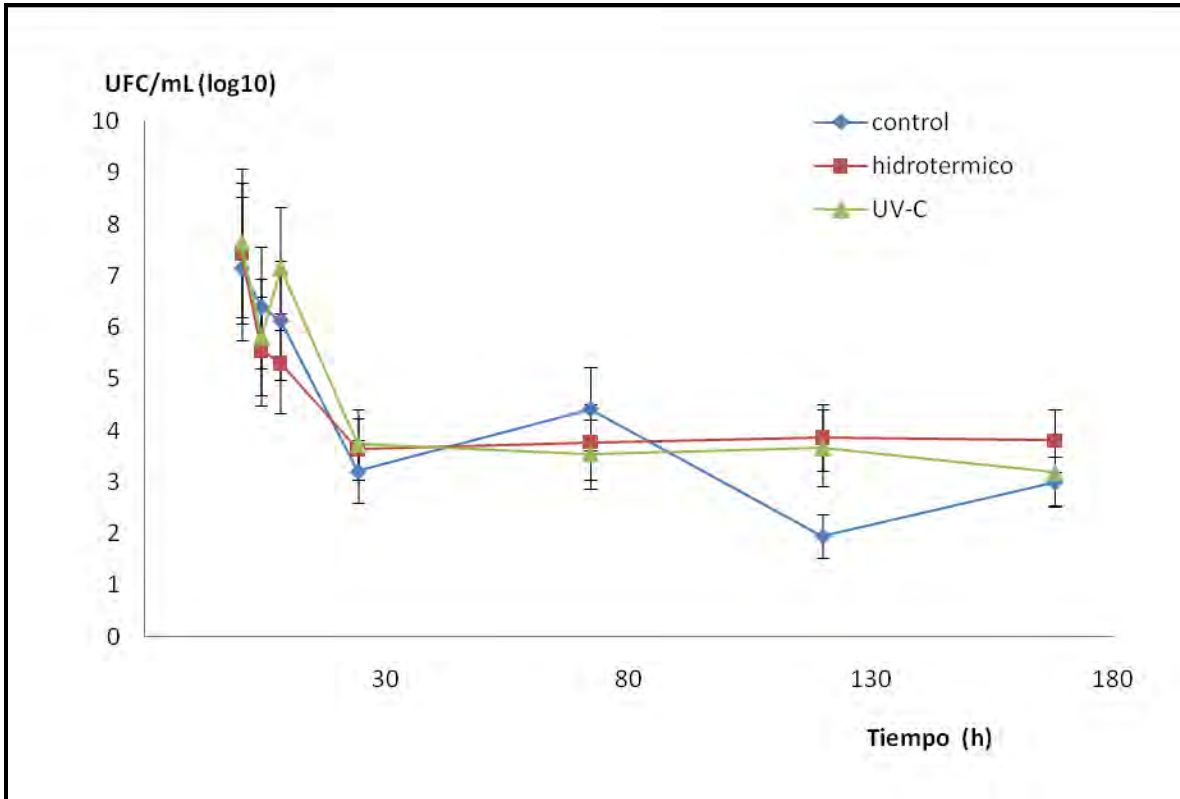


Figura 30. Cambios en la sobrevivencia de *E. coli* 108412 en la superficie del mango durante el almacenamiento a 10°C por 168 h, HR≈70%, después de aplicar los tratamientos (hidrotermico y UV-C). Las barras verticales indican la desviación estándar.

Al igual que en el almacenamiento a temperatura ambiente (20°C), a la temperatura de refrigeración (10°C) se observó que la disminución en el número de UFC/mL en la superficie de los mangos es más acentuada durante las primeras horas de almacenamiento (0, 4, 8, 24 horas).

A esta temperatura de almacenamiento (10°C) tanto el tratamiento hidrotérmico como el UV-C tuvieron un comportamiento similar que al registrado para la

temperatura ambiente, siendo también para este caso el tratamiento por irradiación UV-C el que mantuvo las cuentas bacterianas más bajas a lo largo del seguimiento con un comportamiento homogéneo. No siendo el mismo caso para el control, el cual disminuyó sus cuentas hasta 1.6×10^3 UFC/mL a las 24 horas de almacenamiento y después, a las 120 horas presentó un periodo de crecimiento alcanzando 2.6×10^4 UFC/mL para después volver a decaer hasta 9.0×10^1 UFC/mL y finalmente a las 168 horas de almacenamiento presentó una cuenta de 1.0×10^3 UFC/mL. Esto muestra que la sobrevivencia de *E. coli* 108412 en la superficie de los frutos sin tratamiento es muy irregular tanto a temperatura ambiente como a temperatura de refrigeración.

El tratamiento por irradiación con luz UV-C fue el que hizo que la bacteria *E. coli* 108412 tuviera una menor sobrevivencia en la superficie de los frutos a ambas temperaturas estudiadas, siendo inoculada después de aplicar el tratamiento.

La cuenta de bacterias disminuye drásticamente a lo largo del periodo de almacenamiento a ambas temperaturas, sin embargo, el almacenamiento a temperatura de refrigeración permite una mayor sobrevivencia de las bacterias inoculadas en la superficie de los frutos después de aplicar los tratamientos. Esto se atribuye a que el tipo de microorganismos (de la microbiota natural) que se desarrollan en la superficie del mango es diferente a las 2 temperaturas y tienen entonces un efecto diferente en la cepa inoculada.

En trabajos recientes se ha comprobado que el tratamiento por irradiación con luz UV-C para el mango Ataulfo, además de eliminar eficazmente las larvas de la mosca de la fruta, activa enzimas benéficas que catalizan la formación de compuestos fenólicos (fitoalexinas) con acción antimicrobiana y antioxidante (poliaminas), afectando el desarrollo de los microorganismos presentes en la superficie del fruto (Briceño *et al*, año, 2008). Otro de los beneficios que ofrece el tratamiento con luz UV-C es que no contamina los frutos, debido a que se utilizan dosis que no causan daño al mango, pero sí eliminan los microorganismos. Además con dicho proceso se puede alargar el tiempo de vida de anaquel, pues la

radiación también suprime hongos que provocan la descomposición (Pérez L., 2008).

Se realizó un segundo experimento para probar únicamente este tratamiento debido a que se presenta como una alternativa atractiva para el manejo postcosecha del mango. Se examinó únicamente a la temperatura de refrigeración con humedad controlada puesto que se trata de mangos para exportación que tienen que ser transportados a estas condiciones (figura 29).

Para evaluar el efecto del tratamiento con luz UV-C en la sobrevivencia de *E.coli* 108412 en la superficie de los mangos, al igual que en el experimento anterior, la bacteria fue inoculada en la superficie de los frutos después de aplicar el tratamiento con luz UV-C, teniendo como referencia un control sin tratamiento y siendo almacenados los frutos durante 168 horas a temperatura de refrigeración (10°C), con humedad controlada (HR≈70%).

Utilizando un modelo factorial aleatorio para el análisis de los datos obtenidos, se determinó que existe diferencia altamente significativa entre el control y el tratamiento con luz UV-C, así como entre cada tiempo de muestreo. También se evaluó la interacción tratamiento-tiempo resultando altamente significativa.

Este segundo experimento mostró nuevamente que el tratamiento por irradiación con luz UV-C ofrece mejores resultados al disminuir la carga bacteriana de *E. coli* 108412 en la superficie de los frutos a lo largo del tiempo de almacenamiento teniendo un comportamiento más homogéneo en comparación con el control. La sobrevivencia de las bacterias en los mangos control mostró un comportamiento similar con el anterior experimento, en donde resultó muy irregular tanto a temperatura ambiente como a temperatura de refrigeración, aunque siempre manteniendo la carga bacteriana por debajo de la del inóculo (figura 31). También se observó que la disminución en el número de UFC/mL en la superficie de los mangos es más acentuada durante las primeras horas de almacenamiento (0, 4, 8, 24 horas).

De acuerdo con la hipótesis presentada para este trabajo, se esperaba que como consecuencia de los tratamientos postcosecha se disminuyera o se eliminara la microbiota superficial presente en los frutos (en el caso de la irradiación UV-C); por lo que al inocular una bacteria en la superficie de los mangos después de aplicados los tratamientos, esta podría desarrollarse libremente sobre la superficie de los frutos ya que no existiría presencia de microorganismos antagonistas, o esta sería mínima (tratamiento hidrotérmico). De acuerdo con los resultados obtenidos esto no fue así.

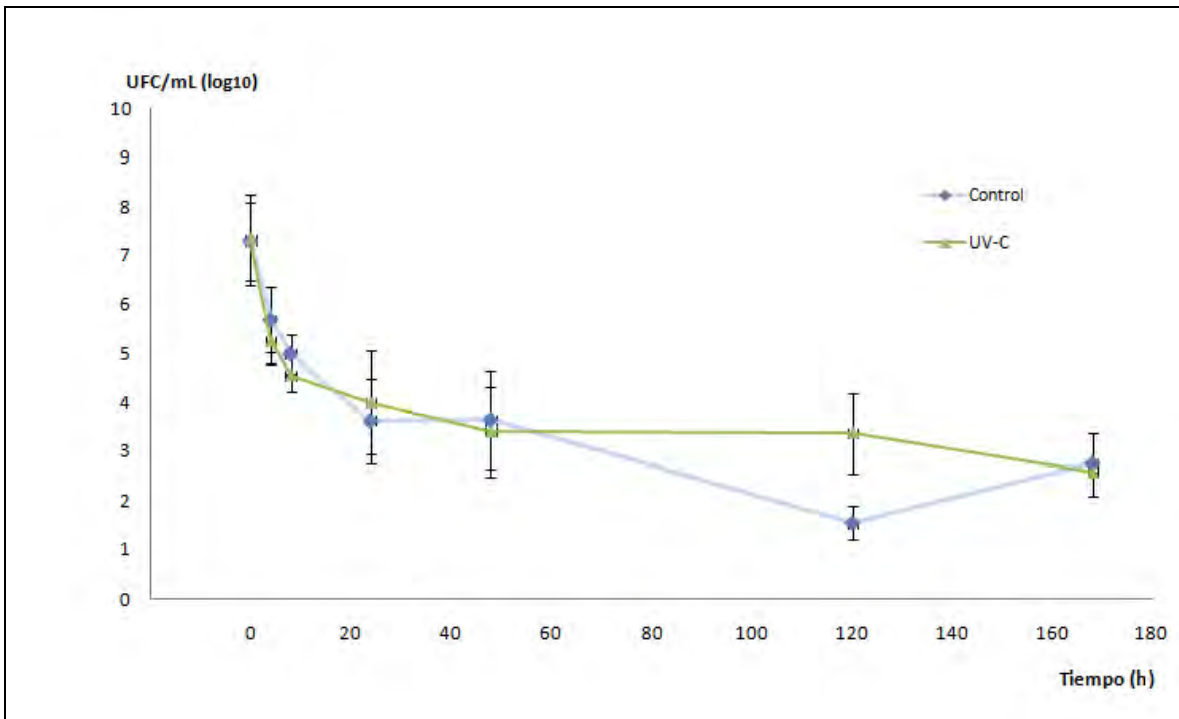


Figura 31. Segundo experimento. Cambios en la sobrevivencia de *E. coli* 108412 en la superficie del mango durante el almacenamiento a 10°C por 168 h, HR≈70%, después de aplicar el tratamiento (UV-C). Las barras verticales indican la desviación estándar.

De acuerdo con los resultados obtenidos la bacteria *E. coli* 108412 no pudo desarrollarse. La cuenta de las UFC/mL de la bacteria en la superficie de los frutos fue disminuyendo a lo largo del tiempo.

Aunque hubo variaciones en la sobrevivencia de las bacterias a lo largo del tiempo, no pudieron sobrevivir al encontrarse en un ambiente estresante (por la

falta de nutrientes y la posible presencia de sustancias antimicrobianas en la superficie del fruto), la expresión de los genes necesarios para el crecimiento disminuye y aumenta la de aquellos relacionados con la sobrevivencia al estrés (Castro et al, 2004). Es posible que una parte de la población de la cepa inoculada haya adquirido resistencia a las condiciones mencionadas, ya que siempre se mantiene una cierta cuenta del microorganismo en la superficie del mango.

En la normatividad mexicana que atañe al consumo de alimentos frescos, en este caso la Norma Oficial Mexicana “NOM-251-SSA1-2009. Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios” se señala que para ensaladas verdes, crudas o de frutas la cuenta de coliformes fecales debe estar por debajo de las 100 UFC/mL por gramo de alimento.

Las dosis infectivas de *Escherichia coli* para adultos varían de altas (10^8 UFC bacterias/g alimento) a bajas (10 a 100 microorganismos) dependiendo del tipo de cepa de que se trate (Camacho et al, 2004).

En el presente trabajo se inoculó una concentración muy alta de la bacteria, con el fin de observar su comportamiento; sin embargo, no se esperarían cuentas tan altas como consecuencia de una contaminación. De acuerdo con nuestros resultados, la cuenta de las cepas por lo general disminuye después de los dos tratamientos probados, pero podría desarrollarse en los mangos sin tratar ya que este comportamiento no se observó en el control (presentó variación).

En todos los casos se observó que, después de un periodo en el que su cuenta disminuye, la bacteria sobrevive, en ningún caso se logró su eliminación. La bacteria utilizada había sido aislada del mango, es posible entonces que, al menos una parte de la población sea resistente a las condiciones que prevalecen en la superficie del fruto. Esto implicaría un problema importante, desde el punto de vista de la inocuidad del fruto.

7. CONCLUSIONES

Se dispone de una cepa de *E. coli* (clave 108412) aislada previamente del mango, pura, resistente a la ampicilina y conservada en glicerol; que es con la que se trabajó.

En cuanto a las pruebas de calidad en los mangos, los tratamientos postcosecha (Hidrotérmico y UV-C) no afectaron significativamente los parámetros de calidad (pH, acidez, sólidos solubles, firmeza, pérdida de peso y color) en el mango. Entonces, en cuanto a la calidad de los frutos, sería posible aplicar cualquiera de los tratamientos, sin afectar sus características.

Se anula la hipótesis de que los tratamientos postcosecha modifican la microbiota superficial del mango (que puede incluir microorganismos antagonistas), una contaminación posterior a estos con una enterobacteria patógena promoverá su sobrevivencia ya que después aplicar los tratamientos postcosecha a los mangos no se promueve la sobrevivencia de *E. coli 108412*.

La sobrevivencia de *E. coli 108412* inoculada en la superficie de los mangos, después de los tratamientos postcosecha, no se vio favorecida. Sin embargo, no se eliminó a las 168 horas de almacenamiento. Esto implica un riesgo de salud pública.

El almacenamiento a temperatura de refrigeración permitió una mayor sobrevivencia de las bacterias inoculadas en la superficie de los frutos después de aplicar los tratamientos.

El tratamiento por irradiación con luz UV-C permite 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.

RECOMENDACIONES

Las cepas evaluadas en los experimentos preliminares pueden ser utilizadas en experimentos posteriores para comparar el efecto de diversos tratamientos postcosecha, alternativos al tratamiento hidrotérmico, sobre la sobrevivencia de enterobacterias patógenas aisladas de la superficie del mango así como de otras fuentes, entre ellas de origen clínico.

Se recomienda evaluar el cohabitato de *E. coli* 108412 con otro tipo de microorganismos en la superficie de los frutos para determinar si se ve favorecida su sobrevivencia y desarrollo. Así también el posible antagonismo con otro tipo de bacterias que no signifiquen un riesgo clínico para los consumidores, favoreciendo la eliminación de la bacteria patógena en la superficie del fruto.

Es necesario evaluar si la bacteria puede penetrar hacia el interior del mango a través de la cáscara, y por lo tanto, logre sobrevivir al ser inocularla después de aplicar los tratamientos postcosecha.

REFERENCIAS

1. Agrios, N. G. (1997). Fitopatología. Editorial Noriega, 2ª Edición, pp 283-405.
2. Altieri M. Trujillo, L. Campos, C. Klein-Koch, C. Gold & J. Quezada. (1989). El control biológico en América Latina en su contexto histórico. Manejo entregado de plagas (CATIE). 12:82-107.
3. AOAC. Association of the Official Analytical Chemistry. (1994). Official Methods of Analysis. 14th USA. Edition, Pp 234-247.
4. Aquino Galicia G. (2009). Plan de exportación de mango a Japón. Tesis de Licenciatura. Ingeniería Industrial. Instituto Politécnico Nacional.
5. Ayala-Zavala J F, Wang S Y, Wang C Y, y González-Aguilar G A 2005. Methyljasmonate in conjunction with ethanol treatment increases antioxidant capacity, volatile compounds and postharvest life of strawberry fruit. European Food Research and Technology. 221: 731-738.
5. Baudi Dergal S. (1993). Química de los alimentos. Longman de México Editores S. A. de C. V. pp. 48.
6. Báez S. R., *E Bringas*. (1995). Elaboración de la norma de calidad para el mango fresco y su aplicación. Proc. Interamerican Soc. Trop. Hort. 39: 127-141.
7. Berger, H. (2004). "Cosecha, índices de madurez y manejo de frutas y hortalizas". Departamento de Producción Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile.
8. Beuchat, Larry R. (2002). Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. Microbes and infection, no. 4, pp 413-423.
9. Boscán, de M. N. (2003). Métodos cuarentenarios de control de las moscas de las frutas. Revista de difusión de tecnología agrícola y pesquera del FONAIAP Sitio web, disponible en: <<http://www.ceniap.gov.ve>>. Fecha de consulta abril del 2010

10. Bourgeois C.M., Mescle J.F., Zucca J. (1994). Microbiología de los Alimentos. Ed. Acribia S.A. Zaragoza (España). Pp 279-291.
11. Briceño Contreras C. I.; Vargas Solano Z.; Camacho de la Rosa, N.A; Wacher Rodarte C.; Trejo Márquez M.A. (2008) Efecto de los tratamientos por irradiación UV-C sobre la actividad de la Polifenol oxidasa y Peroxidasa en mangos variedad „Ataulfo’ almacenados a bajas temperaturas. Sitio web, disponible en: <http://www.respyn.uanl.mx>. Fecha de consulta noviembre 2009
12. Camacho, C.A.; Giles G.M.; Ortegón, A.A.; Palao, R.M.; Serrano, L.B.; Velázquez, M.O. (2004). Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos. UNAM. Pp. 49-53.
13. Castro del Campo, N.; Chaidez Quiroz, C.; Rubio Carrasco, W.; Valdez Torres, J. B. (2004). Sobrevivencia de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* en frutos mínimamente procesados. *Revista Cubana de Salud Pública*, Vol. 30, Núm. 1, pp. 83-86.
14. CCI, (2005). Corporación Colombiana Internacional. Origen Y botánica del mango Disponible en: <<http://www.cci.org.co/mango/mangoorigen>>. Fecha de consulta noviembre 2009
15. Cockrell, M.; Barrantes E. (1991). Mango y aguacate: fruticultura especial. Fascículo 2. UNED. San José, Costa Rica. 86 p.
16. Codex Stan (1884-1993). NORMA MUNDIAL DEL CODEX PARA EL MANGO
17. Couey, H.M. (1982) Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. *HortScience* **17**: 162-165
18. Critzer F. J., Doyle M. P. (2010). Microbial ecology of foodborne pathogens associated with produce. *Current Opinion in Biotechnology* 21:125–130.
19. De la Cruz, J. M.; García, H. S. G.; Gutierrez, B. R. (1996). Efecto del tratamiento hidrotérmico y almacenamiento refrigerado en mango manila sobre su maduración y manejo postcosecha. Disponible en: <http://www.porunalibrecompetencia.com.mx/pages/pncta_investigaciones_96b.a_sp>. Fecha de consulta: Junio 2010.
20. Douillet-Breuil A, Jeandet P, Adrian M y Bessis R 1999. Changes in the phytoalexin content of various vitis spp. in response to ultraviolet C elicitation. *J. Agric. Food Chem.* 47: 4456-4461.

21. Duran, S. (1978). El color en Tecnología de Alimentos. *Rev. Agroquím. Tecnol. Aliment.*, 20: 1-12.
22. EMEX A. C. (2003, 2008). Estadísticas de exportación de mangos de México.
23. Fachmann, W.; Kraut, H.; Souci, S. W. (2000). Exotic Fruits, Mango. En: Food Composition and Nutrition Tables. CRC Press. Germany. Pp 986, 987.
24. Fairchild Tropical Botanic Garden. 2005. International mango festival. Disponible en: < <http://www.ftg.org/horticulture/mangofest> >. Fecha de consulta: Diciembre 2009.
25. FAO. 2009. Estadísticas Agrícolas de la FAO, Food and Agriculture Organization (por sus siglas en inglés). Disponible en: <http://faostat.fao.org/faostat/collections_subset_agriculture>. Fecha de consulta junio de 2009.
26. Galán S. V. (1992). The situation of mango culture in the world. *Acta Horticulturae*. 341: 31-41.
27. Galvis V., Herrera Aníbal. (1995). Manejo Postcosecha. SENA- Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1995. PP. 36 a 49.
28. González-Aguilar G A, Wang C Y y Buta J G. 2001. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe “Tommy Atkins” mangos. *Int. Journal of Food Science and Technology*. 36: 775-782.
29. González-Aguilar G A, Wang C Y, Buta G J 2004. UV-C irradiation reduces breakdown and chilling injury of peaches during cold storage. *J Sci Food Agric*. 84: 415-422.
30. Herrera J., Guardia J. (1992). Conservación de frutos “Manual Técnico”. Ediciones Mundi-Prensa. Pp 59-111.
31. Holcroft D M y Kader A A 1999. Carbon dioxide-induced changes in color and anthocyanin synthesis of stored strawberry fruit. *HortScience*. 34: 1244-1248.

32. ICMSF (1983). Ecología microbiana de los alimentos. Vol. I. Factores que afectan a la supervivencia de los microorganismos en los alimentos. Acirbia. Zaragoza, 1983.
33. Iglesias, Castellarnau Ignasi (1994). Influencia del material vegetal y del riego por aspersión en la coloración de variedades rojas de manzana. Tesis de Licenciatura. Universidad de Lleida, Salamanca.
34. INA. (1997). Instituto Nacional de Aprendizaje. El cultivo del mango. Serie Tecnológica INA No.2. San José, Costa Rica. 28 p. Disponible en: <<http://www.infoagro.com>>. Fecha de consulta diciembre 2009.
35. INEGI. 2009. Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, Instituto de Estadística Geográfica e Informática. 695 p.
36. INFOAGRO 2000. (2010). Revista Industrial del Campo. Certificación de inocuidad blinda a la horticultura en México. 62: 12-17
37. INFROAGRO 2000 (2006). El cultivo del mango en: frutas tropicales Disponible en <http://www.infoagri.com/frutas_tropicales/mango>. Fecha de consulta Diciembre 2009
38. INM. (2006). Instituto Nacional de Meteorología. Radiación solar. España. Disponible en: < <http://www.inm.es/uvi/centro2.htm>>. Fecha de consulta: Febrero 2010.
39. Kader Adel A. (2008). Mango precortado como producto de valor agregado. Disponible en: <<http://www.mango.org>>. Fecha de consulta Enero 2010.
40. Lamúa S. M. (2000). Aplicación del frío a los alimentos. Ediciones Mundi-Prensa. España. Pp 350.
41. López Camelo, Andrés F. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas, del campo al mercado. Boletín de servicios agrícolas de la FAO, Pp 151-207.
42. Martínez N. A. (2007). Tratamientos para la exportación de cítricos. Trabajo obtenido del XI Simposium Internacional de Citricultura. Disponible en: < <http://www.concitver.com>>. Fecha de consulta septiembre 2009..

43. Matthews, Karl R. (2006). Microbiology of fresh produce. ASM Press, Washington, D.C. 2006. Pp. 1-7
44. Mercier, J. (1997). Role of phytoalexins and other antimicrobial compounds from fruits and vegetables in postharvest disease resistance. Photochemistry of fruits and vegetables. Thomas-Barberan FA, RJ Robins (Eds.). C.H.I.P.S. Neimer. Pp 221-241.
45. Milacatl Hernández, V. (2003). Cambios en atributos sensoriales y degradación de ácido ascórbico en función de la temperatura en puré y néctar de mango. Tesis de Licenciatura. Ingeniería de Alimentos. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas, Puebla.
46. Mitra, S.K., y Baldwin, E.A. (2002). Mango. En: *Postharvest Physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. Mitra, S.K. (Ed.). CB international, New York EU,95. Pp 297-308.
47. Montgomery Douglas C. (2002). Diseño y Análisis de Experimentos. 2ª Edición. Editorial Limusa Wiley. Pp 126-170.
48. Mukherjee, S. (2000). The mango Botany, production and uses Ed. CAB international U.S.A. Pp 251-260.
49. NCCLS standards and guidelines. (2006). Clinical and Laboratory Standards Institute. Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests; Approved Standard-Ninth Edition. Vol. 26 No. 1.
50. NOM-251SSA1-2009. “Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios”. Secretaria de salud.
51. Novelo, Arturo. (2006). Mango Ataulfo, fruto del Soconusco. *INN Magazine*. Número 12 (Edición de abril del 2006). p. 77.
52. Nyajage, M. O., Wainwright, H. y Bashop, C.F.H. (1998). The effects of Hot-Water Tratamientos in combination with cooling and/or storage on the physiology and disease of mango fruits. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73 (5):589-597.

53. Ongeng D., Ryckeboer J., Vermeulen A., Devliegheren F., (2007). The effect of micro-architectural structure of cabbage substratum and or background bacterial flora on the growth of *Listeria monocytogenes*. International Journal of Food Microbiology 119: 291–299.
54. Osuna G J A, M L Guzmán, B Tovar, M Mata. (2002). Calidad del mango Ataulfo producido en Nayarit, México. Revista Fitotecnia Mexicana, octubre-diciembre, año/vol. 25, número 004. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. chapingo, México. Pp. 367-374.
55. Pérez L. M. (2008) Análisis Técnico y Administrativo del Proceso de Producción de mango (*Mangifera indica* L.) en Tepalcatepec, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Depto. de Fitotecnia Universidad Autónoma Chapingo. México.
56. Pérez Jiménez, A. (2007). Determinación de la fuente de contaminación con enterobacterias en el tratamiento postcosecha del mango. Tesis de Licenciatura. Departamento de Alimentos, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.
57. Pérez Loredó, M. G. (2008). Mantenimiento de la calidad y control de antracnosis de mango Ataulfo aplicando irradiación UV-C. Tesis de Licenciatura. Ingeniería de Alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.
58. PROSERCO. (2003). Promotora de Servicios Comerciales del Estado de Campeche. “Diagnóstico del sistema producto mango”. Disponible en: <<http://www.portal.camp.gob.mx>>. Fecha de consulta Enero 2010.
59. Rangel Urrea W. (2005). Uso de la irradiación con motivos fitosanitarios. 1er Simposio en irradiación fitosanitaria-Implementación y oportunidades para los productores mexicanos de frutas y hortalizas. Disponible en: <<http://www.nappo.org.mx>>. Fecha de consulta febrero 2010.
60. Rizzo Pastor, Pablo. (1998). El mango mexicano en cifras. SICA. Servicio de información agropecuaria del ministerio de agricultura y ganadería del Ecuador.
61. SAGAR. (1999). Centro de Estadística Agropecuaria. Delegación Estatal. Tepic, Nayarit.

62. SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. (2010).
a. Consejo Estatal Citrícola. Mango.
Disponible en: < <http://www.concitver.com>>. Fecha de consulta Enero 2010.
b. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Situación y perspectivas. Mango. Disponible en:
< <http://www.mango.gob.mx/index.php?portal=mango> > Fecha de consulta Enero 2011.
63. Sánchez, P. M. T. (2004). Procesos de Conservación Poscosecha de Productos Vegetales. AMV Ediciones. Pp 64, 65.
64. Sargent Eduardo,(1999). El cultivo del mango (*mangifera indica L.*) botánica, manejo y comercialización, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas. Pp 74.
65. SDREC (2008)Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Colima.. Guía para la prevención y control de plagas y enfermedades del cultivo del mango en el estado de Colima. Disponible en:
<<http://seder.col.gob.mx/Direcciones/dsanidad/semanasanidad/guiatecnicos.pdf>
>. Fecha de consulta octubre 2009.
66. SCFI (2006). Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. NMX-FF-058-SCFI-2006. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano. Fruta fresca mango (*Manguifera indica L.*). Especificaciones.
67. Sibaja Chinchilla, Guillermo; Sanabria Ujueta, Carlos. (2002). Principales plagas de insectos, ácaros y moluscos de cultivos agrícolas y forestales. Ministerio de Agricultura y ganadería, Costa Rica. Disponible en:
<<http://www.protecnet.go.cr>>. Fecha de consulta Diciembre 2009.
68. Sumathi Sivapalasingam, E. Barrett, A. Kimura, S. Van Duyne, W. De Witt, M. Ying, A. Frisch, Q. Phan E. Gould, P. Shillam, V. Reddy, T. Cooper, M. Hoekstra, C. Higgins, J. P. Sanders, R. V. Tauxe, L. Slutsker. (2003). A Multistate Outbreak of *Salmonella enterica* Serotype Newport Infection Linked to Mango Consumption: Impact of Water-Dip Disinfestation Technology. Clinical Infectious Diseases. 37:1585–90

69. Timothy F. Jones y William Schaffner (2003) *Salmonella* in Imported Mangos: Shoeleather and Contemporary Epidemiologic Techniques Together Meet the Challenge. *Clinical Infectious Diseases*. 37:1591–2
70. Warriner K., Namvar A., (2010) The tricks learnt by human enteric pathogens from phytopathogens to persist within the plant environment, *Current Opinion in Biotechnology* 21:131–136
71. Wong U. J. M., S. Ontiveros, R. Avena, L. Ponce de León, E. Bózquez, G.L. Cruz, R. Báez. (1997). La industria mexicana del mango: compromiso de calidad. *Revista Horticultura México*. 5(2):234-238
72. Wang SY, Zheng W y Galletta G J. (2002). Cultural system affects quality and antioxidant capacity in strawberries. *J. Agric. Food Chem*. 50: 6534-6542.
73. Vega, Edgar; Molina Eloy. (1999). Fertilización nitrogenada en el cultivo del mango variedad Tommy Atkins, en Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 23 (1):37:44.

ANEXO

RESULTADOS DE LA SOBREVIVENCIA DE *E. coli* 108412

Tabla I. Sobrevivencia de *E. coli* 108412 a temperatura ambiente

Tratamiento	Horas	Carga						
		0	4	8	24	72	120	168
Control		5.98	6.28	6.47	4.63	2.89	3.63	1.68
Hidrotérmico		7.88	6.32	5.27	5.79	2.31	1.94	2.29
UV-C		6.48	4.70	5.58	3.18	2.16	1.86	2.48
		Desviación estándar						
Control		1.01	1.17	0.49	0.84	0.56	0.95	0.31
Hidrotermico		1.43	1.45	1.06	0.87	0.66	0.56	0.29
UV-C		1.26	0.94	1.79	1.00	0.59	0.56	0.38

Tabla II. Sobrevivencia de *E. coli* 108412 a temperatura de refrigeración

Tratamiento	Horas	Carga						
		0	4	8	24	72	120	168
Control		7.31	6.39	6.13	3.21	4.42	2.18	3.02
Hidrotérmico		7.44	5.54	5.18	3.63	3.77	3.86	2.81
UV-C		6.75	5.82	7.15	3.73	3.54	3.66	3.32
		Desviación estándar						
Control		1.17	0.53	1.15	1.02	0.80	0.52	0.61
Hidrotermico		1.72	1.32	1.60	0.99	0.61	0.64	0.61
UV-C		1.20	1.89	1.19	0.69	0.67	0.62	0.39

Tabla III. Sobrevivencia de *E. coli* 108412 a temperatura de refrigeración en el segundo experimento

Tratamiento	Horas	Carga						
		0	4	8	24	48	120	168
UV-C		7.33	5.25	4.57	4.00	3.40	3.38	2.57
Control		7.29	5.69	4.99	3.63	3.65	1.54	2.76
		Desviación estándar						
UV-C _{DEVST}		0.92	0.47	0.34	1.06	0.93	0.82	0.47
CONTROL _{DEVST}		0.80	0.69	0.39	0.86	1.00	0.35	0.61

RESULTADOS ESTADÍSTICOS

TABLA A. RESULTADOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS A TRAVÉS DEL MUESTREO DE LA SOBREVIVENCIA DE *E. coli 108412*. (PRIMER EXPERIMENTO).

UFC	FA	F _{5%}	F _{1%}	GL
Tratamientos	27.037**	3.02	4.66	2
Temperatura	21.894**	3.87	6.70	1
Tiempo	252.373**	2.12	2.85	6
Trat*temp	41.045**	3.02	4.66	2
Trat*t	34.814**	1.78	2.23	12
Temp*t	22.877**	2.12		6
Trat*Temp*t	33.891**			12

**** Altamente Significativo**

Grados de libertad del Error: 378

FA: factorial aleatorio, F: Distribución F de Fischer, GL: grados de libertad

UFC: unidades formadoras de colonias

TABLA B. RESULTADOS ESTADÍSTICOS OBTENIDOS A TRAVÉS DEL MUESTREO DE LA SOBREVIVENCIA DE *E. coli 108412*.
(SEGUNDO EXPERIMENTO: SOLO UV-C Y CONTROL EN REFRIGERACIÓN).

UFC	FA	F _{5%}	F _{1%}	GL
Tratamientos	26.559**	3.92	6.84	1
Tiempo	96.220**	2.17	2.95	6
Trat*t	25.587**	2.17	2.95	6

**** Altamente Significativo**

Grados de libertad del Error: 126

FA: factorial aleatorio, F: Distribución F de Fischer, GL: grados de libertad

UFC: unidades formadoras de colonias

“Efecto de tratamientos postcosecha del mango en la sobrevivencia de enterobacterias patógenas “

TABLA C. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA LOS PARÁMETROS DE CALIDAD, α : 1% Y 5%

FACTORES	VARIABLES						
	Ph	%Acidez	Textura	°BX	Luminosidad	Cromaticidad	Tono
Tratamientos	ns	ns	ns	ns	ns	.ns	ns
Temperaturas de almacenamiento	*	*	*	*	ns	**	ns
Tiempo de almacenamiento	**	*	*	**	**	**	**
Interacción temperatura x tiempo	**	*	ns	*	ns	ns	ns

ns: no significativo, *significativo, ** altamente significativo

TABLAS D. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL SEGUNDO EXPERIMENTO, α : 1% Y 5%

Factores	Variables	
	pH	ACIDEZ
Tratamiento	ns	ns
Tiempo de almacenamiento	ns	*

ns: no significativo, *significativo, ** altamente significativo

“Efecto de tratamientos postcosecha del mango en la sobrevivencia de enterobacterias patógenas “

TABLA E. RESULTADOS ESTADÍSTICOS (CON VALORES) DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD

α: 1% Y 5%

FACTORES			F_{tablas}	VARIABLES						
	GL/ GLE		$F_{5\%}$ $F_{1\%}$	pH	%Acidez	Textura	°BX	Luminosidad	Cromaticidad	Tono
Tratamientos	2	21	3.47 5.48	0.02	0.03	0.11	0.41	0.31	0.05	0.42
Temperaturas de almacenamiento	1	22	4.32 8.02	5.50*	7.14*	5.26*	5.67*	0.00	29.50**	0.40
Tiempo de almacenamiento	3	20	3.10 4.94	5.16**	3.03*	4.04**	10.19**	60.08**	5.69*	51.40**
Interacción temperatura x tiempo	3	64	2.76 4.10	34.76**	18.45**	2.33 $\times 10^{-5}$	10.00**	2.40	1.07	1.42

*significativo, ** altamente significativo

F: Distribución F de Fischer, GL: grados de libertad, GLE: grados de libertad del error

TABLA F. RESULTADOS ESTADÍSTICOS (CON VALORES) DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL

SEGUNDO EXPERIMENTO, α: 1% Y 5%

Factores			F_{tablas}	Variables	
	GL/ GLE		$F_{5\%}$ $F_{1\%}$	pH	ACIDEZ
Tratamiento	1	6	5.99 13.75	3.14	0.09
Tiempo de almacenamiento	3	4	6.59 15.98	1.55	11.33*

*significativo

F: Distribución F de Fischer, GL: grados de libertad, GLE: grados de libertad del error

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

- **AC** : Atmósferas Controladas
- **ACFH** : Aire Caliente Hidro-Forzado
- **APHIS**: Servicio para el control de las Enfermedades de Animales y Plantas
- **CCI** Corporativo Colombiano Internacional
- **CIE**: *Comision Internationale de l'Éclairage*
- **EPA**: Agencia de Protección Ambiental
- **E.U.A.**: Estados Unidos de América
- **FAO**: Food and Agriculture Organization
- **HR**: Humedad Relativa
- **INA**: Instituto Nacional de Aprendizaje
- **INEGI**: Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática
- **INM**: Instituto Nacional de Meteorología de España
- **IR** : Intensidad Respiratoria
- **PFGE**: Electroforesis en Campos Pulsados
- **PROSERCO**: Promotora de Servicios Comerciales del Estado de Campeche.
- **SAGARPA**. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
- **SDREC**: Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Colima
- **TAG**: Polietileno en emulsión acuosa
- **TMCA**: Tasa Media de Crecimiento Anual
- **USDA**: Departamento de Agricultura de Estados Unidos
- **UV-C**: Irradiación con Rayos Ultravioleta