



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL USO DE ATMÓSFERAS PASIVAS Y
ACTIVAS EN LA CONSERVACIÓN DE PAPAYA MARADOL
MÍNIMAMENTE PROCESADA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

ANDREA TIARE REYES CHAVARRIA

ASESORAS:

DRA. MA. ANDREA TREJO MÁRQUEZ
M. EN C. ALMA ADELA LIRA VARGAS

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉX.

2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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

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

M. en C. JORGE ALFREDO CUELLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.

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

Estudio comparativo del uso de atmósferas pasivas y activas en la conservación de papaya maradol mínimamente procesada

Que presenta la pasante: Andrea Tiare Reyes Chavarria
Con número de cuenta: 410045295 para obtener el Título de: Ingeniera en Alimentos

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

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 25 de septiembre de 2014.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez	
VOCAL	I.A. Sandra Margarita Rueda Enríquez	
SECRETARIO	Dra. María Andrea Trejo Márquez	
1er. SUPLENTE	I.A. Alberto Solis Díaz	
2do. SUPLENTE	M. en C. Selene Pascual Bustamante	

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

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado por el proyecto PAPIIT (IT201513): Desarrollo de envases activos para la conservación de productos frescos y mínimamente procesados, de la Dirección General de Asuntos del personal Académico de la UNAM. Asimismo agradezco por la beca otorgada para realizar el presente trabajo.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a quienes me dieron la vida y me guiaron por buen camino, a quienes que con orgullo y amor digo mis PADRES:

A mi mamá Rosa Chavarria Olguin por ser una madre ejemplar te doy las Gracias por el apoyo brindado durante este largo y duro camino que recorrimos juntas, por creer en mí, por haberme impulsado a ser una persona con ganas de salir adelante y sobre todo por estar siempre para mí; con todo mi cariño este trabajo es para ti, ya que sin tu apoyo este logro no lo hubiera alcanzado y no me queda nada más que decir GRACIAS.

A mi papá Ricardo Reyes Monjaras por ser un papá que me ayudo a formar un buen carácter para poder seguir y concluir esta etapa de mi vida, esta tesis es para ti; es una meta que espero hayas disfrutado al cumplirla, GRACIAS por tus consejos y por tu apoyo.

También quiero darles las Gracias a mis hermanas que me hicieron el camino más alegre durante la realización de este trabajo, con mucho cariño les dedico esta tesis, hermanitas Cris y Domi las quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

Hay muchas personitas especiales a las que quisiera agradecer por su amistad y apoyo a la realización de una de mis metas, la Tesis, en verdad no puedo expresar lo que quisiera pero muchas Gracias por todo.

- A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme brindado un lugar donde desarrollarme profesionalmente, por ser mi segunda casa en la cual me permitió crecer, porque es un orgullo pertenecer a la máxima casa de estudios.
- Agradezco a la Dra. Andrea Trejo Márquez y a la M. en C. Alma Adela Lira Vargas por todo el apoyo brindado y por guiarme a lo largo del trabajo arduo que significa la Tesis. Gracias por confiar en mí y sobre todo por ayudarme a realizar mi meta.
- A Edgar Yair Hernández González por todo el apoyo y ayuda brindada, sin ti me hubiera sido imposible terminar a tiempo este trabajo que ahora también es tu trabajo; Gracias por estar siempre a mi lado, por tu paciencia y por todo tu tiempo e interés, mil gracias por tu amor y comprensión eres una persona asombrosa te quiero mucho.
- A mis amigos Gaby, Gabo y Fanny que desde el inicio hicieron muy agradable este camino, muchas Gracias por estar siempre conmigo y por vivir momentos

maravillosos que hicieron inolvidable mi estancia en nuestra querida Universidad, los quiero.

- A todos mis compañeros del Laboratorio de Poscosecha, por haber compartido momentos especiales e inolvidables Gracias (Poder frutos) Gaby, Vero, Eli, Andrea, Saddam, Aideé, Dannira y Lesli.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
Resumen.....	1
1. Introducción.....	2
2. Antecedentes.....	4
2.1 Generalidades de la papaya	4
2.1.1 Origen e historia	4
2.1.2 Morfología y taxonomía	4
2.1.2.1 Variedades	5
2.1.3 Composición química	7
2.1.4 Importancia económica.....	8
2.1.4.1 Producción mundial.....	8
2.1.4.1 Producción nacional	9
2.1.5 Modificaciones de la calidad durante la maduración	10
2.1.6 Métodos de conservación de la papaya.....	12
2.2 Productos mínimamente procesados	13
2.2.1 Origen y Definición	13
2.2.2 Importancia económica de productos mínimamente procesados	15
2.2.3 Problemas en la preparación de productos frescos cortados. Estrategias para su conservación	15
2.2.4 Métodos de desinfección	17
2.2.5 Métodos de envasado	19
2.2.5.1 Recubrimientos comestibles	20
2.2.5.2 Atmósferas modificadas	22
2.2.5.3 Materiales de envasado	23
2.2.6 Legislación relacionada con los alimentos mínimamente procesados	25
3. Objetivos.....	26
4. Materiales y métodos	27

4.1 Material biológico.....	27
4.2 Evaluación de desinfectantes y selección del estado de madurez para papaya mínimamente procesada.....	27
4.3 Aplicación del recubrimiento comestible a base de alginato y cloruro de calcio en papaya mínimamente procesada a dos diferentes concentraciones.....	31
4.3.1 Aplicación del recubrimiento	31
4.4 Comparación de atmósfera activa y pasiva en papaya mínimamente procesada	31
4.5 Métodos analíticos	33
4.5.1 Parámetros físicos	33
4.5.2 Parámetros fisicoquímicos	34
4.5.3 Parámetros nutricionales	35
4.5.4 Parámetros microbiológicos.....	35
4.5.5 Prueba sensorial	35
4.6 Análisis estadístico.....	36
5. Resultados y discusión	38
5.1 Efecto de desinfectantes en parámetros de calidad de papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada.....	38
5.1.1 Parámetros físicos de papaya mínimamente procesada con distintos tratamientos de desinfección.....	38
5.1.2 Parámetros fisicoquímicos de papaya mínimamente procesada con distintos tratamientos de desinfección.....	49
5.1.3 Parámetros nutricionales de papaya mínimamente procesada con distintos tratamientos de desinfección.....	55
5.1.4 Parámetros microbiológicos de papaya mínimamente procesada con distintos tratamientos de desinfección.....	57
5.1.5 Apreciación visual de papaya mínimamente procesada con distintos tratamientos de desinfección durante su almacenamiento	63
5.2 Efecto de recubrimientos a base de alginato a diferentes concentraciones en papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada	66
5.2.1 Parámetros físicos de papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible	66
5.2.2 Parámetros nutrimentales de papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible	77
5.2.3 Evaluación sensorial de papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible	79
5.2.4 Parámetros microbiológicos de papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible	83

5.2.5	Apreciación visual de papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible durante su almacenamiento.....	86
5.3	Comparación del efecto del uso de atmósferas modificadas en los parámetros de calidad de la papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada.....	88
5.3.1	Parámetros físicos de papaya mínimamente procesada en atmósferas modificadas (activa y pasiva).....	88
5.3.2	Parámetros fisicoquímicos de papaya mínimamente procesada en atmósferas modificadas (activa y pasiva).....	95
5.3.3	Parámetro nutricional de papaya mínimamente procesada en atmósferas modificadas (activa y pasiva).....	96
5.3.4	Análisis sensorial de papaya mínimamente en atmósferas modificadas (activa y pasiva)	97
5.3.5	Parámetros microbiológicos de papaya mínimamente en atmósferas modificadas (activa y pasiva).....	100
5.3.6	Apreciación visual de papaya mínimamente en atmósferas modificadas (activa y pasiva)	101
6.	Conclusiones	103
7.	Recomendaciones	104
8.	Bibliografía	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción mundial de papaya en toneladas y pesos en el 2010.....	9
Figura 2. Producción nacional de papaya de los principales estados productores en 2013.....	9
Figura 3. Diagrama de proceso para la obtención de mínimamente procesados	14
Figura 4. Métodos de desinfección de frutas y hortalizas	17
Figura 5. Componentes básicos del envasado en atmósfera protectora	19
Figura 6. Cuadro metodológico	27
Figura 7. Material biológico para el estudio: papaya ‘Maradol’	28
Figura 8. Diagrama de proceso de elaboración de papaya mínimamente procesada	29
Figura 9. Diagrama de proceso de elaboración de papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible a base de alginato	32
Figura 10. Espectrofotómetro Minolta	33
Figura 11. Penetrómetro	33
Figura 12. Refractómetro	34
Figura 13. Potenciómetro	34
Figura 14. Titulación para acidez	34
Figura 15. Titulación para Vit. C	35
Figura 16. Formato de la prueba sensorial aplicada a los panelistas durante los días de muestreo	36
Figura 17. Efecto de diferentes métodos de desinfección en la firmeza de papaya ‘Maradol’ en dos estadios de madurez, papaya 4/4 de amarillo-naranja (A) y ¾ amarillo	39
Figura 18. Efecto de diferentes métodos de desinfección en la luminosidad de papaya ‘Maradol’ en dos estadios de madurez, papaya 4/4 de amarillo-naranja (A) y ¾ amarillo ...	42
Figura 19. Efecto de diferentes métodos de desinfección en el tono de papaya ‘Maradol’ en dos estadios de madurez, papaya 4/4 de amarillo-naranja (A) y ¾ amarillo	44
Figura 20. Efecto de diferentes métodos de desinfección en la cromaticidad de papaya ‘Maradol’ en dos estadios de madurez, papaya 4/4 de amarillo-naranja (A) y ¾ amarillo ...	46
Figura 21. Efecto de diferentes métodos de desinfección en la pérdida de peso de papaya ‘Maradol’ en dos estadios de madurez, papaya 4/4 de amarillo-naranja (A) y ¾ amarillo ...	48
Figura 22. Efecto de diferentes métodos de desinfección en el pH de papaya ‘Maradol’ en dos estadios de madurez, papaya 4/4 de amarillo-naranja (A) y ¾ amarillo	50
Figura 23. Efecto de diferentes métodos de desinfección en la acidez de papaya ‘Maradol’ en dos estadios de madurez, papaya 4/4 de amarillo-naranja (A) y ¾ amarillo	52
Figura 24. Efecto de diferentes métodos de desinfección en los sólidos solubles totales de papaya ‘Maradol’ en dos estadios de madurez, papaya 4/4 de amarillo-naranja (A) y ¾ amarillo	53

Figura 25. Efecto de diferentes métodos de desinfección en vitamina C de papaya ‘Maradol’ en dos estadios de madurez, papaya 4/4 de amarillo-naranja (A) y ¾ amarillo	56
Figura 26. Cambios en la firmeza de papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada con recubrimientos de alginato (A) 0.5% y (B) 0.75% y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%).....	66
Figura 27. Cambios en la luminosidad de papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada con recubrimientos de alginato (A) 0.5% y (B) 0.75% y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%).....	69
Figura 28. Cambios en el tono de papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada con recubrimientos de alginato (A) 0.5% y (B) 0.75% y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%).....	70
Figura 29. Cambios en la cromaticidad de papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada con recubrimientos de alginato (A) 0.5% y (B) 0.75% y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%).....	72
Figura 30. Cambios en la pérdida de peso de papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada con recubrimientos de alginato (A) 0.5% y (B) 0.75% y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%).....	74
Figura 31. Cambios en la liberación de líquido de papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada con recubrimientos de alginato (A) 0.5% y (B) 0.75% y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%).....	76
Figura 32. Cambios en la vitamina C de papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada con recubrimientos de alginato (A) 0.5% y (B) 0.75% y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%).....	78
Figura 33. Cambios en prueba sensorial de papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada con recubrimiento de alginato a 0.5% (A, C, E y G) y 0.75% (B, D, F y H) y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%) durante 12 días de almacenamiento a 5 °C, (A-B) 0 días, (C-D) a 4 días, (E-F) a 8 días y (G-H) a 12 días	82
Figura 34. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en la firmeza de papaya mínimamente procesada	88
Figura 35. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en la luminosidad de papaya mínimamente procesada	89
Figura 36. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en el tono de papaya mínimamente procesada	90
Figura 37. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en el croma de papaya mínimamente procesada	91
Figura 38. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en la pérdida de peso de papaya mínimamente procesada	92
Figura 39. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en la liberación de líquido de papaya mínimamente procesada	93

Figura 40. Efecto del uso de atmósfera pasiva (A) y activa (B) en la composición de oxígeno y dióxido de carbono (O_2 y CO_2) de la papaya mínimamente procesada	94
Figura 41. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en sólidos solubles totales de papaya mínimamente procesada	95
Figura 42. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en ácido ascórbico (Vit. C) de papaya mínimamente procesada	96
Figura 43. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en el análisis sensorial a papaya mínimamente procesada durante su almacenamiento a 5°C, (A) 0 días, (B) 4 días, (C) 8 días, (D) 12 días, (E) 16 días y (F) 20 días	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción botánica de papaya.....	4
Tabla 2. Características de la Carica papaya L.....	5
Tabla 3. Variedades de papaya cultivadas en México.....	6
Tabla 4. Composición química de la papaya	7
Tabla 5. Componentes nutricionales de la papaya	8
Tabla 6. Clasificación del estado de madurez de papaya “Maradol” por su color de cáscara.	10
Tabla 7. Clasificación de los estados de madurez de papaya “Maradol”	11
Tabla 8. Cambios bioquímicos en la maduración de papaya	11
Tabla 9. Métodos de conservación de papaya.....	12
Tabla 10. Características para inhibir de los mínimamente procesados	16
Tabla 11. Desinfectantes para frutas y hortalizas	18
Tabla 12. Diferencias entre atmósfera pasiva y activa.....	22
Tabla 13. Propiedades de barrera de tipos de envase.....	24
Tabla 14. Condiciones de los métodos de desinfección aplicados al producto mínimamente procesado.....	30
Tabla 15. Niveles de variación de las variables del objetivo particular 1 y 2	37
Tabla 16. Niveles de variación de las variables del objetivo particular 3.....	37
Tabla 17. Recuento de coliformes totales en papaya mínimamente procesada y desinfectada utilizando tres métodos de desinfección en estadio 4/4 de amarillo-naranja	58
Tabla 18 Recuento de coliformes totales en papaya mínimamente procesada y desinfectada utilizando tres métodos de desinfección en estadio 3/4 de amarillo	59
Tabla 19. Conteo de mesófilos en papaya mínimamente procesada y desinfectada utilizando tres métodos de desinfección en estadio 4/4 de amarillo-naranja	60
Tabla 20. Conteo de mesófilos en papaya mínimamente procesada y desinfectada utilizando tres métodos de desinfección en estadio 3/4 de amarillo	61
Tabla 21. Conteo de mohos y levaduras en papaya mínimamente procesada y desinfectada utilizando tres métodos de desinfección en estadio 4/4 de amarillo-naranja	62
Tabla 22. Conteo de mesófilos en papaya mínimamente procesada y desinfectada utilizando tres métodos de desinfección en estadio 3/4 de amarillo	63
Tabla 23. Cambios de la apariencia visual en papaya ‘Maradol’ estado de madurez 4/4 de amarillo-naranja sin tratamiento de desinfección y con tratamiento de desinfección (hipoclorito de sodio, ozono y radiación UV-C) almacenados a 5°C por 12 días	64
Tabla 24. Cambios de la apariencia visual en papaya ‘Maradol’ estado de madurez 3/4 de amarillo sin tratamiento de desinfección y con tratamiento de desinfección (hipoclorito de sodio, ozono y radiación UV-C) almacenados a 5°C por 12 días.....	65

Tabla 25. Resultados de prueba de aceptabilidad de papaya mínimamente procesada con recubrimientos comestibles a base de alginato y cloruro de calcio al día 0	79
Tabla 26 Resultados de prueba de aceptabilidad de papaya mínimamente procesada con recubrimientos comestibles a base de alginato y cloruro de calcio al día 4.	80
Tabla 27 Resultados de prueba de aceptabilidad de papaya mínimamente procesada con recubrimientos comestibles a base de alginato y cloruro de calcio al día 8.	81
Tabla 28. Resultados de prueba de aceptabilidad de papaya mínimamente procesada con recubrimientos comestibles a base de alginato y cloruro de calcio al día 12	82
Tabla 29. Recuento de coliformes totales en papaya mínimamente procesada con recubrimientos comestibles a base de alginato y cloruro de calcio	83
Tabla 30. Contenido de mesófilos en papaya mínimamente procesada con recubrimientos comestibles a base de alginato y cloruro de calcio	84
Tabla 31. Recuento de mohos y levaduras en papaya mínimamente procesada con recubrimientos comestibles a base de alginato y cloruro de calcio	85
Tabla 32. Cambios en la apariencia visual de papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible a base de alginato más cloruro de calcio a diferentes concentraciones, almacenadas a 5°C durante 16 días	87
Tabla 33. Resultados de prueba de aceptabilidad en papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada en atmósfera modificada activa y pasiva al día 0	97
Tabla 34. Resultados de prueba de aceptabilidad en papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada en atmósfera modificada activa y pasiva al día 4	98
Tabla 35. Resultados de prueba de aceptabilidad en papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada en atmósfera modificada activa y pasiva al día 8	98
Tabla 36. Resultados de prueba de aceptabilidad en papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada en atmósfera modificada activa y pasiva al día 12	99
Tabla 37. Resultados de prueba de aceptabilidad en papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada en atmósfera modificada activa y pasiva al día 16	99
Tabla 38. Resultados de prueba de aceptabilidad en papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada en atmósfera modificada activa y pasiva al día 20	99
Tabla 39. Parámetros microbiológicos en papaya “Maradol” mínimamente procesada en atmósfera modificada activa y pasiva	100
Tabla 40. Apreciación visual del uso de atmósfera activa y pasiva mínimamente procesada	102



RESUMEN



RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo asegurar la inocuidad y calidad de papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada mediante la aplicación de diferentes métodos de desinfección así como su conservación mediante una atmosfera modificada activa y una pasiva (recubrimiento comestible) que prolongue su vida de anaquel.

Para la obtención del producto, la papaya se sometió a operaciones de selección, lavado, pelado, troceado, desinfección, envasado y almacenado. Los frutos fueron seleccionados por color en dos estados de madurez $\frac{3}{4}$ de amarillo y amarillo-naranja. Para la desinfección se utilizaron tres tipos de desinfectantes con diferentes tiempos de exposición y concentraciones: 1) solución de hipoclorito de sodio a 75ppm y 100ppm durante 3 min de inmersión, 2) ozono por 3 y 6 min y de contacto 3) radiación UV-C por 15 y 30 min de exposición. También se tuvieron unos cubos de papaya control (sin ningún tratamiento aplicado); se evaluaron parámetros de calidad durante su almacenamiento a 5°C: firmeza, acidez titulable, sólidos solubles, pH, pérdida de peso, vitamina C, color y un análisis microbiológico (coliformes, mesófilos, mohos y levaduras), el estado de madurez amarillo-naranja resultó ser el mejor para la obtención de la papaya mínimamente procesada, y el tratamiento con radiación UV-C por 30 min logró mantener el conteo de microorganismos en un nivel bajo, además de conservar su apariencia física y parámetros de calidad.

Una vez seleccionado el desinfectante y estado de madurez se evaluaron las concentraciones de alginato y cloruro de calcio para la elaboración del recubrimiento comestible, utilizando dos concentraciones de alginato al 0.5% y 0.75% y cloruro de calcio al 1% y 2%. Se evaluaron los parámetros de calidad: firmeza, color, liberación de líquido, pérdida de peso, vitamina C, análisis microbiológico y un análisis sensorial. Los mejores resultados se obtuvieron de las concentraciones de alginato al 0.5% y cloruro de calcio al 1% tomando en consideración que los jueces aceptaron el producto. Finalmente se hizo la comparación de atmósferas modificadas se utilizó un envase con baja permeabilidad (película coextruida con un film de alta barrera al oxígeno) y el recubrimiento de alginato 0.5% y cloruro de calcio 1% para generar la atmósfera pasiva, la cual resultó mantener por más tiempo las parámetros de calidad.



INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

La papaya es un fruto climatérico, cuando esta fruta se cosecha en la fase de cambio de color, el pico de la respiración climatérica se observa aproximadamente 6 días después de la cosecha. Normalmente, la papaya con al menos 3% piel de coloración amarillenta cumple el estado de madurez. El color de la piel que se utiliza comercialmente para describir papaya madurez no es suficiente para juzgar la idoneidad de la fruta para un procesamiento mínimo, ya que no se refiere a ablandamiento de la pulpa y la cantidad de carne comestible (Paull y Wenjun, 1997).

Según datos de Institute of Food and Agriculture Science (IFAS) la papaya se produce en más de 60 países y su producción se concentra en naciones en vías de desarrollo. (IFAS, 2010).

La papaya se considera fuente de antioxidantes (carotenos, vitamina C y flavonoides), vitamina B (ácido fólico y ácido pantoténico), minerales (potasio, magnesio, entre otros) y fibra. Adicionalmente, es fuente de papaína (enzima digestiva) que es utilizada en las industrias: cervecera, carnes, farmacéutica, productos de belleza y cosmética y de consumo directo y en fresco (SAGARPA, 2009).

Los cambios en los estilos de vida y un incremento en la necesidad por reducir el tiempo para preparar los alimentos, así como las nuevas costumbres de alimentación, han ocasionado un incremento en el consumo de alimentos listos para comer, en especial vegetales frescos mínimamente procesados como la papaya (García *et.al.*, 2006).

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas se definen como las preparadas mediante una única o varias operaciones unitarias apropiadas tales como pelado, cortado en rodajas, fragmentación, obtención de zumos, etc., asociado a un parcial tratamiento de conservación o radiación (Wiley, 1997).

La tecnología de mínimamente procesados nos da la posibilidad de un mercado consumidor con producto hortícola de buena calidad sanitaria y dar un mayor valor agregado a los productos. También estos nuevos productos permiten reducir el tiempo en la preparación de las comidas cotidianas, satisfacer el gusto por lo crujiente y nutritivo, y ayudar en la vida diaria a las personas que trabajan fuera de casa (Avila, 2005).

Los frutos y vegetales mínimamente procesados generalmente consisten en un lavado, cortado, tratamiento de desinfección con agentes sanitizantes y empaquetado de productos y un almacenamiento bajo condiciones de refrigeración. La operación de corte modifica el proceso metabólico de la fruta e incrementa la susceptibilidad a microorganismos, induciendo a la reducción de su vida útil (Cortez-Vega *et. al*, 2014).

Las tecnologías no térmicas minimizan los efectos negativos en las características de los productos mínimamente procesados, existen una amplia lista de agentes sanitizantes (cloro y sus derivados así como el uso de peróxido hidrogenado), cada uno es usado comúnmente para el lavado de frutas y verduras en fresco. Tecnologías emergentes como la ozonización y radiación ultravioleta, pueden ser aplicados para la preservación de frutas y vegetales (Silva, 2012).

La alternativa del uso del envasado en atmósferas modificadas podría ayudar a generar un costo efectivo por que estos ayudan a prevenir los daños físicos, cambios en la apariencia y reduce el crecimiento microbiano (Brasil *et. al*, 2012).



ANTECEDENTES

2. ANTECEDENTES

2.1 Generalidades de la papaya

La papaya es un fruto ovoide, más largo que ancho, casi cilíndrico, grande y carnoso, mide de 10 a 25 cm de largo por 7 a 15 cm de ancho, tiene una ranura en su parte superior, su color es verde amarillento, más anaranjado cuando está maduro, por dentro es rojiza o anaranjada, con numerosas semillas parietales, las semillas son de color negro, redondeado u ovoide, y están encerradas en un arillo transparente, gelatinoso (Paull y Wenjun, 1997).

2.1.1 Origen e Historia

La papaya es originaria de México según unos autores y de los Andes Peruanos según otros. Se cree que desde México, el cultivo de la papaya se extendió a todos los países tropicales (SAGARPA, 2012).

Históricamente, la primera referencia en que aparece mencionada se encuentra en el libro “Historia Natural y General de las Indias” del cronista y conquistador español Gonzalo Fernández de Oviedo (1478-1557), quien en 1535 reportó a los reyes de España haber visto plantas de papaya creciendo en Centroamérica (SAGARPA, 2009).

2.1.2 Morfología y taxonomía

En la Tabla 1 se muestra la descripción botánica de la papaya (Jiménez, 2002). Este frutal (papaya) pertenece a la pequeña familia de las *Caricaceas*, orden *Parietales* y al género y especie *Carica papaya* L. Otras especies comestibles son *Carica pentagona* (babaco), *Carica monoica* y *Caricaerythrocarpa*.

El papayo es una planta herbácea tipo arbustiva que en su estado de madurez alcanza alturas de hasta 10 m, de alto sencillo que a veces se ramifica y con tronco hueco y madera esponjosa (SAGARPA, 2009), en la Tabla 2 se muestran sus características.

Tabla 1. Descripción Botánica de papaya

Reino	Vegetal
Subreino	<i>Embroyonta</i>
Clase	<i>Magnoliophyta</i>
Subclase	<i>Dillenidae</i>
2° grupo evolutivo	<i>Diapetala</i>
Orden	<i>Parietales</i>
Familia	<i>Caricaceae</i>
Género	<i>Carica</i>
Especie	<i>Papaya</i>

Fuente: Jiménez (2002).

Tabla 2. Características de la *Carica papaya* L.

Parte del papayo	Descripción
Planta 	Hierba arborescente de crecimiento rápido, de corta vida, de tallo sencillo o algunas veces ramificado, de 2-10 m de altura, con el tronco recto cilíndrico, suave, esponjoso-fibroso, de 10-30 cm de diámetro.
Hojas 	Alternas, aglomeradas en el ápice del tronco y ramas de peciolo largo de 25-75 cm de diámetro, lisas y palmeadas con venas medio robustas.
Flores 	Los arbustos de papayo tienen tres clases de pies diferentes: unos con flores femeninas, otros con flores hermafroditas y otros con flores masculinas.
Fruto 	Baya ovoide-oblonga, piriforme o casi cilíndrica, grande, carnosa, jugosa, de color verde amarillento, amarillo o anaranjado cuando madura, por dentro con numerosas semillas parietales, de 10-25 cm o más largo y 7-15 cm o más diámetro.

Fuente: Elaboración propia con información de INFOAGRO (2014).

Se considera que la papaya es una planta polígama; es decir, que presenta los diferentes sexos en pies separados (Baraona-Cockrell & Sancho-Barrantes, 1991) y a su vez variedades.

2.1.2.1 Variedades

Debido a que el papayo se reproduce por medio de semillas, se han desarrollado un gran número de variedades y continuamente aparecen nuevas, empleándose en cada zona de cultivo las mejor adaptadas a sus condiciones climatológicas. Las variedades mestizas son poco estables y se debe tener cuidado en obtener semillas de progenitores que pertenezcan a la misma variedad, de lo contrario en dos o tres generaciones una variedad puede perder su identidad. Entre las más conocidas a nivel mundial están: Solo, Bluestem, Graham, Betty, Fairchild, Rissimee, Puna, Hortusgred, Higgins, Wilder, Hortus Gold, Petersen, Zapote, Pusa, Maradol (SAGARPA, 2009). En la Tabla 3 se muestran las variedades producidas en México.

Tabla 3. Variedades de papaya cultivadas en México

Variedad	Características
SOLO 	<p>Variedad hermafrodita frutos pequeños de forma aperada y de cuello corto, con peso entre los 400 y 800 g, de buen sabor, color salmón y con buenas características para el transporte.</p> <p>Se le conoce comúnmente como Hawaiana.</p>
MARADOL 	<p>Es un cultivar ginodioico (población compuesta por plantas hermafroditas y femeninas). La fruta es alargada, cilíndrica, de gran tamaño y pueden llegar a pesar entre 1 y 3 Kg. La piel de la fruta es lisa y delgada, de color verde y no se torna amarilla conforme va madurando. La pulpa es de color roja o amarilla, y su sabor es dulce aunque no es tan intenso como las variedades Hawaianas. Resultan muy sensibles a enfermedades post-cosecha como la antracnosis.</p>
CRIOLLA 	<p>El tipo criollo es una planta que se caracteriza por ser dionica, eso hace que segregue con mucha intensidad debido a que su reproducción es por semilla, sus características son variables en cuanto a tamaño de planta y fruta, color del tallo y sensibilidad sexual por variaciones climáticas.</p>
ROJA 	<p>Es un nuevo híbrido (MSXJ) <i>Carica papaya</i> L., es una cruce de papaya de pulpa roja con tolerancia a altas temperaturas durante la etapa de floración y fructificación. Este genotipo tiene como progenitores a la variedad Maradol de donde hereda su consistencia y tamaño, así como a la línea criolla “J”, de la cual obtiene su resistencia a plagas y enfermedades a y a la incidencia de altas temperaturas.</p>
AMARILLA 	<p>La papaya amarilla gigante es una especie en peligro, llegaban a pesar 15 kg, con una medida de 4-6 kg por fruto; y eran amarillas de un sabor menos dulce pero muy diferente, con semillas más grandes y en menor cantidad. No es transgénica ni híbrida. Se dejaron de cultivar y desaparecieron del mercado desde el año 2000 aproximadamente.</p>

Fuente: SAGARPA(2009), Greensshop Company (2013), FAO (2014).

2.1.3 Composición química

La papaya se consume principalmente como fruta fresca, en postre o ensalada, existen variaciones de sabor cuando maduran en los meses de verano ya que su contenido de azúcares es mayor (INFOAGRO, 2014). La composición química del fruto por 100 g se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Composición química de la papaya.

Componente	%
Agua	90.61
Proteína	0.53
Carbohidratos	7.32
Lípidos	0.19
Cenizas	0.55
Fibra	0.8

Fuente: Gutiérrez & Juárez (2011).

La pulpa de la papaya madura es de color amarillo, rojo anaranjado o rosado, lo que detalla el alto contenido de beta carotenos, y su consistencia cremosa pero firme, carente de fibras, dulce y refrescante. Esta cargada de nutrientes incluyendo vitamina A, vitamina C, complejo B, potasio, magnesio, fibra, ácido fólico y pequeñas cantidades de calcio y hierro. Contiene entre un 7 y un 9% de azúcares totales. En la Tabla 5 se muestran los componentes nutrimentales de la papaya.

Se destaca el contenido vitamínico de la papaya: 100g aportan el 103% de las necesidades diarias de vitamina C, y el 18% de las vitaminas A (para adulto), las vitaminas del grupo B también están presentes, aunque en pequeñas cantidades; en cuanto a minerales la papaya es rica en potasio y contiene cantidades apreciables de calcio, magnesio, fósforo y hierro, la pectina (fibra vegetal de tipo soluble) está presente en la proporción de 1.8%. La papaya es ante todo una fruta fácil de digerir, y que además contribuye a facilitar el paso de los alimentos por el conducto digestivo (Pamplona, 2006).

Tabla 5. Componentes nutricionales de la papaya.

Componente	Cantidad
Calorías	23.1-25.8 Kcal
Humedad	85.9-92.6g
Proteínas	0.081-0.34 g
Grasas	0.05-0.96 g
Carbohidratos	6.17-6.75 g
Fibras	0.5-1.3 g
Cenizas	0.31-0.66 g
Calcio	12.9-40.8 mg
Fósforo	5.3-22 mg
Hierro	0.25-0.78 mg
Carotenos (cryptoxantina)	0.0045-676 mg
Tiamina	0.021-0.36 mg
Riboflavina	0.024-0.58 mg
Niacina	0.0027-555 mg
Ácido ascórbico	35.5-71.3 mg
Triptofano	4-5 mg
Metionina	1 mg
Lisina	15-16 mg

Fuente: SAGARPA (2012).

Debido a su composición es un fruto que se consume a nivel mundial siendo México uno de los principales productores de papaya. Además hay empresas que aprovechan la papaya en diferentes formas (papilla, extracción de papaína y elaboración de cocteles de frutas, son algunos ejemplos).

2.1.4 Importancia económica

2.1.4.1 Producción mundial

En la Figura 1 se observa la producción mundial de papaya según la FAO, (2011) por los principales países productores, como país con más producción en toneladas es India, con una producción de 5160390 ton, seguido de Brasil que respecto a la producción de India es la mitad en toneladas aproximadamente, con una parte del 29.4% e Indonesia en 17.6%, Nigeria y México son muy parecidas, pero de orden en importancia.

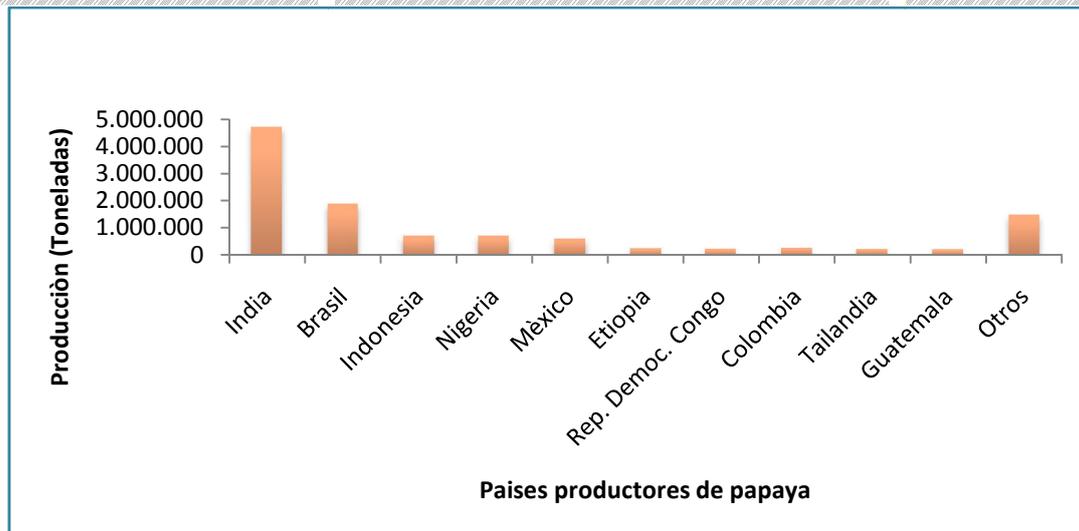


Figura1. Producción mundial de papaya en toneladas y pesos en el 2010
Fuente: FAO(2013).

México se encuentra en el quinto lugar a nivel mundial con una producción de 6.18% en toneladas de papaya producida en el año 2012 (FAO, 2013).

2.1.4.2 Producción nacional

La producción nacional de papaya se da en su mayoría en los estados de Oaxaca con 135,649 ton producidas, Chiapas 86,543 ton y Veracruz con producción de 76,349 ton, les sigue el estado de Guerrero con 28,192 ton de papaya, en la Figura 2 se muestran los principales estados productores de papaya en México (SAGARPA, 2013).

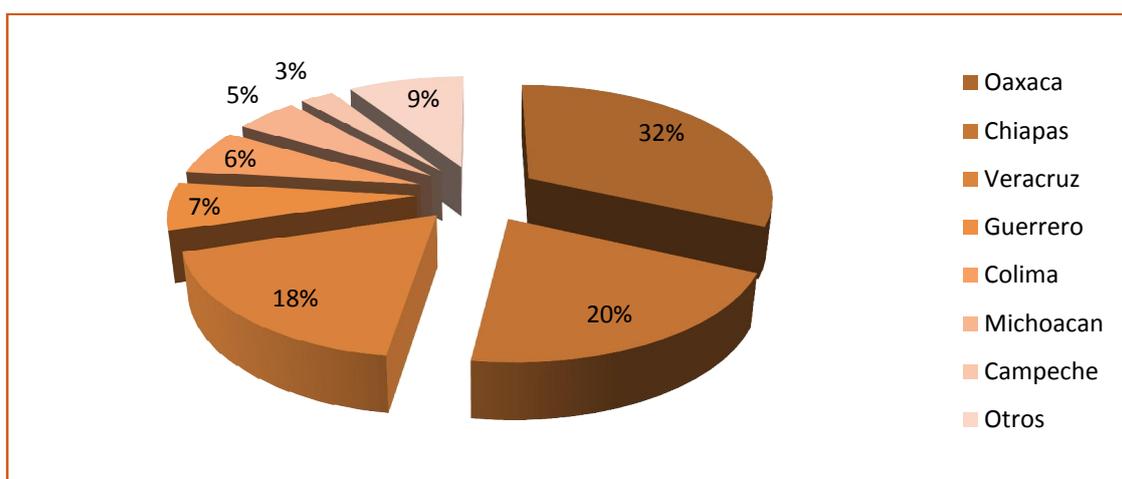


Figura2. Producción nacional de papaya de los principales estados productores en 2013.

Fuente: SAGARPA, (2013).

En la República Mexicana ha ocupado el sexto lugar mundial con un volumen 634 mil 369 toneladas de las cuales los cubren en su mayoría los Estados de Oaxaca aportando \$590 797.29 pesos, seguido de Chiapas con \$457 mil 984.56 pesos.

Debido a que se produce en los estados mencionados sus cambios durante la maduración dependen del clima así como del tipo de suelo siendo estos de mayor importancia.

2.1.5 Modificaciones de la calidad durante la maduración

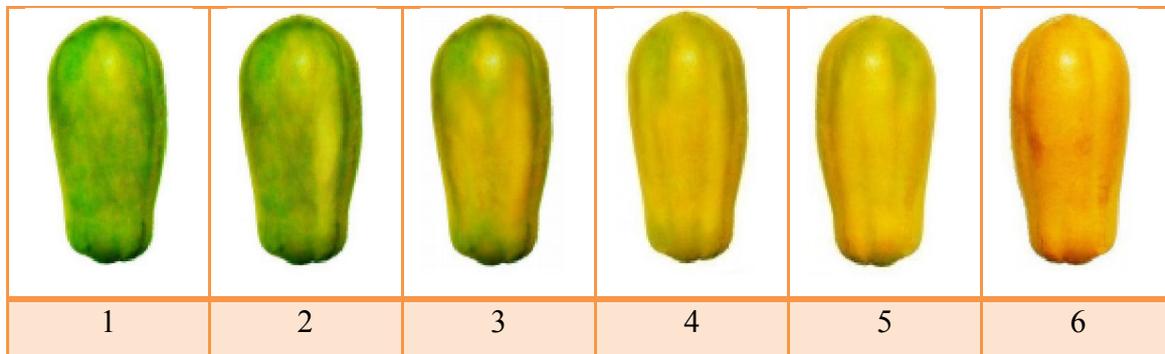
En la Tabla 6 se muestran frutos de papaya con diferentes grados de madurez en base a la norma mexicana NMX-FF-SCFI-2007 PAPAYA en la cual se describe el color de la cáscara de la papaya Maradol.

Tabla 6. Clasificación del estado de madurez de papaya ‘Maradol’ por su color de cáscara.

Núm.	Designación	Descripción por color de la cáscara
0	Verde 	Verde oscura
1	Sazona 	Verde claro con una incipiente veta amarilla
2	Una raya 	Verde más claro con una veta amarilla bien definida
3	Dos rayas 	Verde claro con un 30% de color amarillo con dos vetas
4	Tres Rayas 	Verde claro con 50% de color amarillo repartido en tres vetas
5	Cuatro rayas 	Naranja en un 70 y 30% verde claro
6	Madura maciza 	Naranja del 90 al 100% con ligeros tonos de verde claro y punto de maduración recomendado para iniciar consumo.

De acuerdo a su grado de maduración las papayas tipo Maradol se clasifican de acuerdo a la Tabla 7.

Tabla 7. Clasificación de los estados de madurez de papaya ‘Maradol’.



Fuente: DOF (2007).

La maduración de los frutos es un proceso dinámico, caracterizado por una serie de cambios bioquímicos (Tabla 8) y fisiológicos que conducen a que estos sean suaves y comestibles, algunos de estos cambios influyen en el desarrollo del color, aroma, sabor y textura.

Tabla 8. Cambios bioquímicos en la maduración de papaya.

Parámetro	Cambios
Color	La oxidación conjunta de los carotenoides con las hidroxidasas catalizadas por la lipoxidasa puede originar la decoloración.
Firmeza	La degradación de la textura no está inicialmente provocada por la neosíntesis de las enzimas inducidas por el etileno; no obstante puede incrementar la permeabilidad de las membranas y quizás reducir la biosíntesis de fosfolípidos que a su vez puede perturbar el proceso dinámico de la integridad de la membrana y de la estructura celular.
Alteración microbiana	La microflora responsable de la alteración incluye un gran número de especies bacterianas y hongos. Todos los mecanismos de la alteración microbiana son interdependientes y en su conjunto contribuyen a las alteraciones de la fruta, estas situaciones producen en los tejidos vegetales una deslocalización celular que da origen bien a reacciones bioquímicas aisladas o superpuestas a otras manifestaciones alterativas (tales como las fermentaciones ácido láctica o alcohólica).
Respiración	La respiración climatérica se caracteriza por un repentino aumento de la actividad metabólica.

Fuente: Elaboración propia con información de Arthey (1997), Wiley (1997).

Debido a que es muy propensa a dichas modificaciones y tiene cambios en su maduración es necesario conservarla para alargar su vida útil.

2.1.6 Métodos de conservación de la papaya

El concepto de la preservación de los alimentos es evitar el desarrollo de microorganismos (bacterias, levaduras y mohos), para que el alimento no se deteriore durante el almacenaje. Al mismo tiempo, se deben controlar los cambios químicos y bioquímicos que provocan deterioro. Algunos métodos se muestran en la Tabla 9. De esta manera, se logra obtener un alimento sin alteraciones en sus características organolépticas típicas: color, sabor y aroma, y puede ser consumido sin riesgo durante un cierto período (Avila, 2005).

Tabla 9. Métodos de conservación de papaya

Método de conservación	Condiciones	Efecto
Temperaturas bajas	La refrigeración tiene varias ventajas, como la reducción en la velocidad metabólica del alimento: reduce la síntesis y la acción del etileno: incrementa la resistencia de los vegetales a la acción del etileno y controla varios insectos y microorganismos.	Previene abrasiones en piel. Alarga la vida de anaquel.
Hidrotérmico	Se sumergen durante 20 minutos en agua a 46-50 °C con circulación vigorosa. Otro tratamiento que se ha probado es el llamado “de doble inmersión”, en el cual las frutas son tratadas en agua 42°C durante 40 minutos y luego son sumergidas en agua 49°C durante otros 20 minutos.	Controla insectos
Tratamientos químicos	Aplicaciones de fungicidas, tales como tiabendazoles (TBZ).	Control de plagas y enfermedades.
Tecnologías emergentes: Ozono	Alto poder oxidante, en agua tiene concentraciones óptimas. Tiempos cortos de inmersión.	Reduce la carga microbiana y de compuestos orgánicos tóxicos.
Tecnologías emergentes: Radiación UV-C	Su aplicación es efectiva a nivel superficial. Rango germicida entre 200 y 280 nanómetros. La exposición debe ser al menos 400 J/m ² .	Efecto nocivo en el ADN de muchos microorganismos. No altera propiedades organolépticas de los productos.

Fuente: Elaboración propia con información de Olaco (2013), Castro-Vicente y Quispe-Talla (2010) y Domínguez y Parzanese (2013).

En la actualidad ha surgido la conservación de productos mínimamente procesados en otros frutos.

2.2 Productos mínimamente procesados

2.2.1 Origen y Definición

La necesidad de establecer una dieta sana y la mejor disponibilidad de tiempo para la preparación de platos preparados, junto con la incorporación de la mujer al mundo laboral, convierten a la IV gama en uno de los alimentos con más posibilidades de desarrollo del momento. Es a finales de la década de los 80 y con diez años de retraso respecto a los mercados europeos más importantes como el británico, el alemán y el francés, cuando se pusieron a la venta los primeros productos de la IV gama en los supermercados españoles (Ibarzabal & Arrazola, 2006).

Los productos de la IV Gama son hortalizas frescas, vivas, que han sufrido un tratamiento de preparación, han sido lavadas, envasadas y están listas para ser consumidas (Tirilly, 2002).

Los frutos frescos cortados (FFC), son un tipo de productos preparados mediante operaciones unitarias de selección, lavado, pelado, deshuesado, cortado, etc.; higienizados mediante derivados clorados, peróxido de hidrógeno, ozono, antimicrobianos naturales y otros (González *et.-al.*, 2007).

Generalmente las frutas y hortalizas refrigeradas mínimamente procesadas son productos que contienen tejidos vivos o que han sido solo modificados ligeramente de su estado fresco, siendo en su naturaleza y calidad semejantes a los frescos. Los tejidos de estos productos no exhiben las mismas respuestas fisiológicas que los tejidos vivos intactos de los productos vegetales sin tratar. Así el troceado, la abrasión o el calentamiento mínimo de estos tejidos pueden originar respuestas ampliamente diferentes en distintas situaciones ambientales y de empaquetado (Wiley, 1997).

Dado lo anterior, estos productos deben tener por lo menos una duración de 7 a 10 días (debido a que pasada esta fecha de caducidad no es recomendable su consumo), para satisfacer las necesidades de los consumidores actuales, lo cual se logra mediante aumento de la potencialidad a través de la mantención de una cadena de frío, perseverantes y materia prima de excelente calidad, entre otras (Avila, 2005).

La organización general de una cadena de transformación puede variar dependiendo de los tipos de productos tratados. El proceso de fabricación de ensaladas listas para el consumo, siendo el ejemplo más representativo (Figura 3):

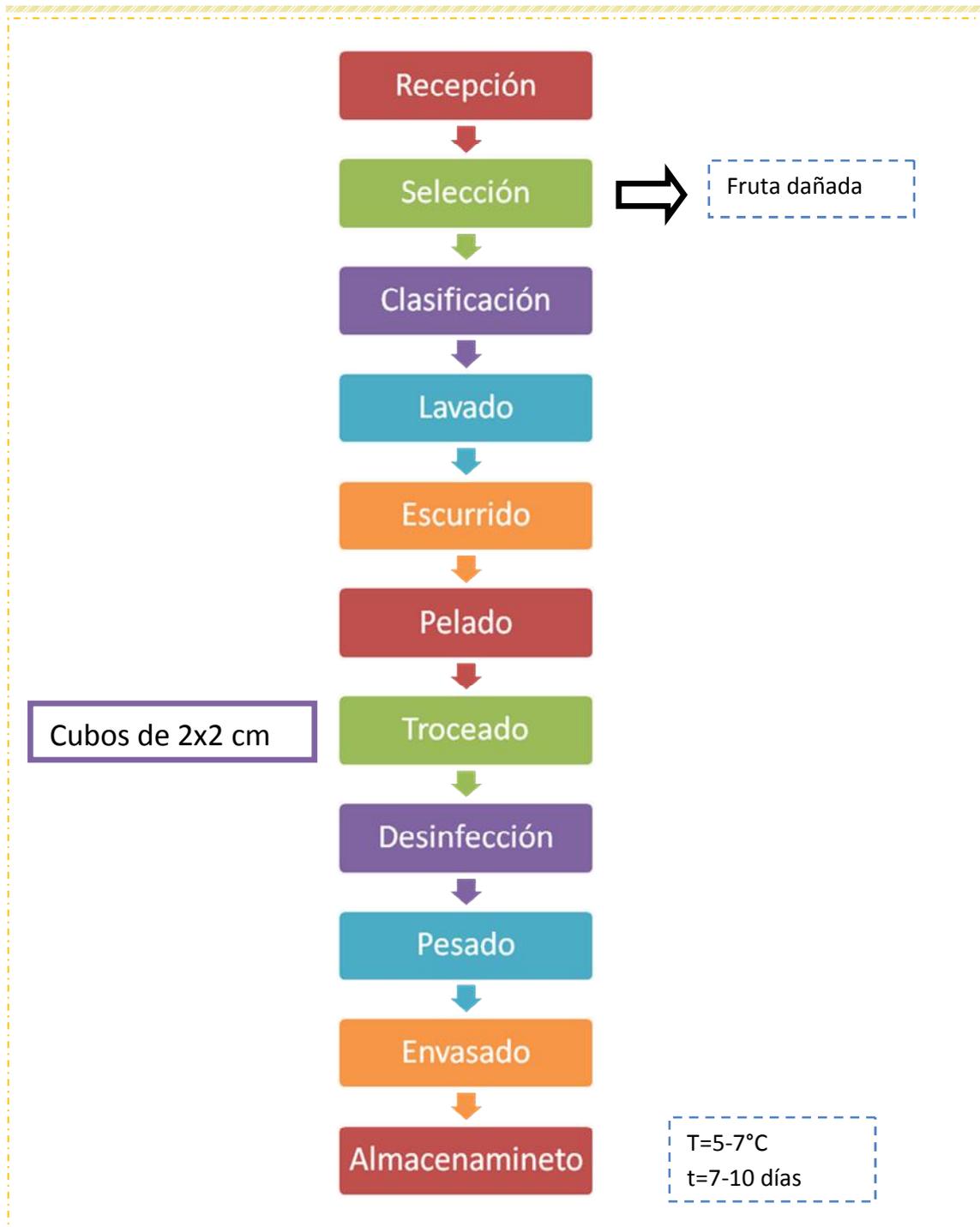


Figura3. Diagrama de proceso para la obtención de mínimamente procesados.

Fuente: Elaboración propia con información de Wiley (1997).

Selección. Esta operación constituye la primera adecuación del producto. Permite eliminar las partes de los vegetales que no son consumibles (hojas, pedúnculos, etc.). Suele ser una operación manual.

Clasificación. Como se indica en la norma mexicana NMX-FF-SCFI-2007, se clasifica de acuerdo al color de la piel.

Lavado. Generalmente se efectúa en tres fases sucesivas: un primer lavado que elimina las materias orgánicas y los residuos de tierra (solución de jabón 1ml/1L). El segundo lavado constituye un tratamiento de desinfección, va a permitir una importante disminución del número de gérmenes.

Escurrido. La finalidad de esta operación es eliminar el agua de la superficie del vegetal con el fin de acondicionar el producto lo menos húmedo posible.

Pelado. En esta operación se elimina la piel de la fruta.

Troceado. Esta operación proporciona al producto su forma definitiva. Provoca la lesión de numerosas células y debilita la hortaliza. Se sugiere en cubo de 2x2 cm.

Desinfección. De acuerdo al método de desinfección utilizado se toman las siguientes condiciones: hipoclorito de cloro (inmersión durante 3 minutos en una concentración de entre 50-200 ppm), ozono (inmersión durante 3-6 minutos) y radiación UV-C (exposición de 15 a 30 minutos).

Pesado: Se realiza por medio de pesas asociativas que permiten llenar las unidades.

Envasado. Está sincronizando con la operación del pesaje. En esta operación de pasaje se puede efectuar con inyección de gas en el envase (Tirilly, 2002).

2.2.2 Importancia económica de productos mínimamente procesados

Los programas de promoción de consumo de frutas implementados por las oficinas de salud pública, así como la creciente demanda de alimentos fáciles de consumir, han favorecido el continuo incremento de ventas en los productos frescos cortados, los frutos tropicales como el mango, papaya y plátano forman parte del mercado de los productos dada su alta preferencia por parte del consumidor y su disponibilidad (González *et.al.*, 2007).

2.2.3 Problemas en la preparación de productos frescos cortados. Estrategias para su conservación.

Las estrategias para la conservación de frutos climatéricos frescos cortados están dirigidas a lograr la reducción/inhibición de: (Tabla 10)

- El pardeamiento superficial
- El ablandamiento
- Las pérdidas de agua

- La intensidad respiratoria, la síntesis y la acción del etileno
- Aromas y sabores extraños/escasos, y
- El crecimiento microbiano: microorganismos patógenos y alterantes.

Al tratarse de problemas de índole tan diversa se requiere la utilización de las llamadas tecnologías de obstáculos, con la aplicación conjunta o combinación de varias medidas que no modifiquen la característica de fresco y de sano del producto.

Tabla 10. Características que se pueden inhibir de los mínimamente procesados.

Características	Causas	Como inhibir
Pardeamiento superficial	Enzimas de oxidación como la polifenoloxidasas.	Acidificación con sustancias naturales. Adición de compuestos reductores que actúan a dos niveles: reduciendo el producto inicial de la reacción y directamente sobre la enzima. Aplicación de recubrimientos o películas comestibles, que impidan el acceso a la polifenoloxidasas a uno de sus sustratos, el oxígeno. Envasado en atmósferas modificadas, que persiguen la disminución del oxígeno y la reducción en la síntesis y actividad del etileno.
El ablandamiento	Cambios por enzimas degradadoras celulosas, hemicelulosas y pectinas.	Para evitar esta pérdida de textura se añaden a las soluciones de lavado sales de calcio como el cloruro de calcio, lactato cálcico, tartrato cálcico o propionato cálcico.
Las pérdidas de agua	Superficie expuesta y cortada por lo que tienen una gran tendencia a la desecación.	Las posibles soluciones son el recubrimiento con una película comestible o el envasado en un plástico con la permeabilidad al vapor de agua adecuada para cada producto a una temperatura determinada.
La intensidad respiratoria y la síntesis del etileno.	Metabolismo propio	La mayoría de los casos el envasado en atmósferas modificadas extiende significativamente la vida útil de los productos frescos cortados, disminuyendo las pérdidas de agua, reduciendo la actividad respiratoria y los pardeamientos superficiales, así como el crecimiento microbiano y la biosíntesis y acción del etileno.
El crecimiento microbiano	Ruptura de las paredes celulares en las operaciones como el pelado, cortado, troceado, laminado, etc., y la consiguiente liberación de nutrientes al exterior.	La prolongación de la vida útil se puede conseguir minimizando el daño mecánico o eliminando los microorganismos presentes, mediante tratamientos sanitizantes adecuados, como el lavado, e impidiendo su multiplicación manteniendo una temperatura, humedad relativa y composición atmosférica adecuada durante todo el periodo de conservación.

Fuente: Lobo y González (2003).

Algunas formas de mejorar los problemas, es mediante el estudio de desinfectantes y métodos de envasado.

2.2.4 Métodos de desinfección

Sin embargo dentro de su proceso surgen algunos problemas de su preparación por lo que se han venido desarrollando diferentes tecnologías pos cosecha que en conjunto con programas de buenas prácticas de manejo del producto permiten mantener una aceptable calidad. Existen diversos productos desinfectantes para eliminar bacterias. Algunos de los métodos de desinfección se muestran en la Figura 4.

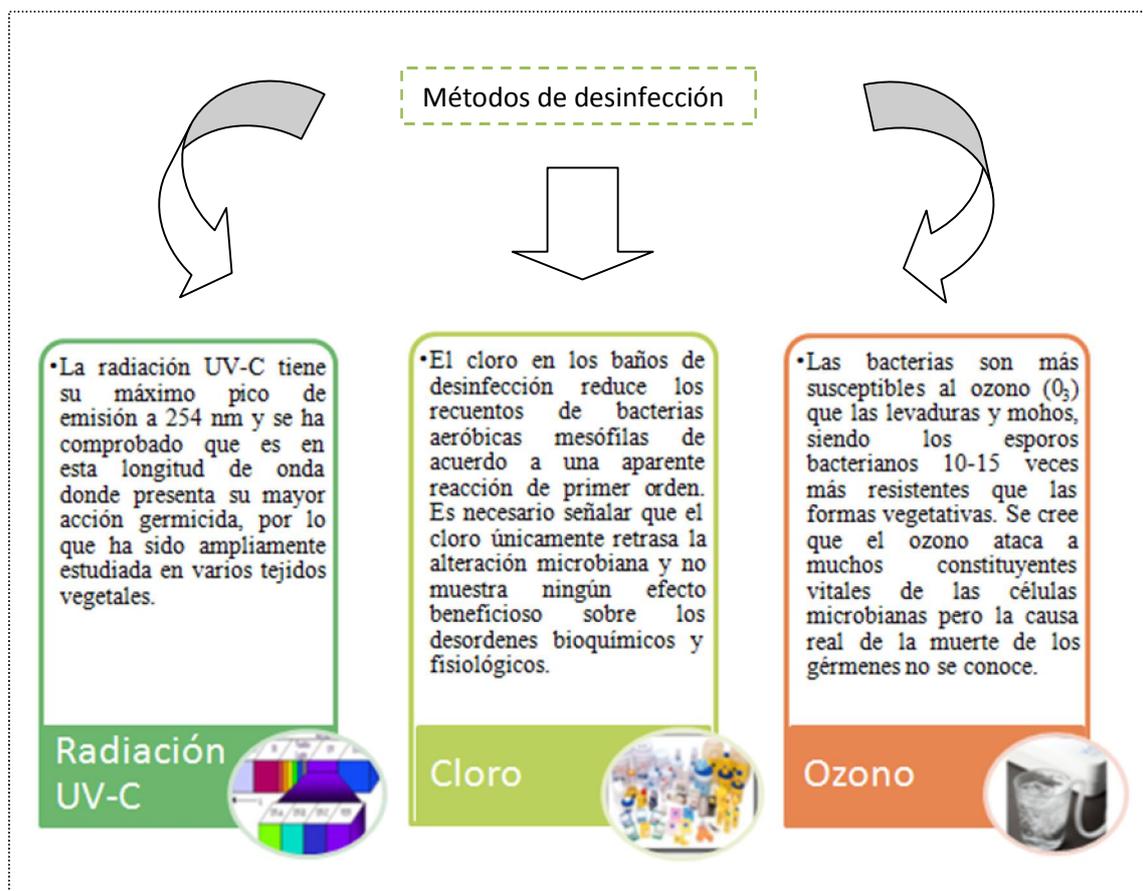


Figura 4. Métodos de desinfección de frutas y hortalizas.

Fuente: Elaboración propia con información de Rivera *et.al.*, (2007) y Wiley (1997).

En la Tabla 11 se muestran algunas ventajas y desventajas que tienen los sanitizantes utilizados para la desinfección en frutas y hortalizas.

Tabla 11. Desinfectantes para frutas y hortalizas.

Sanitizantes	Mecanismo de acción contra microorganismos	Ventajas	Desventajas	Condiciones de uso
Radiación UV-C	La inactivación microbiana reside en el daño que causa al ADN y generar así mutaciones que bloquean la replicación celular, la cual si no reparada conduce a la muerte celular.	Inactivación de esporas y microorganismos patógenos. No deja residuos. No afecta las características sensoriales. En ocasiones las dosis altas pueden favorecer la oxidación de compuestos bioactivos del fruto	La sensibilidad de los tejidos difiere en función del genotipo.	Su utilización a dosis bajas es adecuada para la desinfección de frutas y hortalizas.
Cloro (hipoclorito de sodio)	El agente germicida se produce cuando los hipocloritos se añaden al agua, formando ácido hipocloroso.	Es efectivo para controlar microorganismos (hongos y bacterias). No se requiere equipo especial para su uso.	Genera compuestos tóxicos. La actividad germicida disminuye con la concentración.	Mantenimiento de la concentración en cloro activo entre 50 y 100 ppm, tiempo de contacto del orden de 1 min y pH inferior a 8
Ozono	La inactivación de microorganismos se da por la oxidación	Alta actividad antimicrobiana. Corto tiempo de contacto. Es una sustancia GRAS No problemas de residuos Amigable con el ambiente Se obtiene <i>In situ</i> .	Solubilidad limitada en agua. Elevado costo inicial pero no costo químico. Salud y seguridad (límites de la OSHA). Tiempo corto de vida. Genera oxidación en equipos de materiales como plástico y metal corrosivo.	Se permite un nivel máximo residual en el instante de 0.4 mg de ozono / 1 L de agua. Su utilización en zumos de frutas y hortalizas está limitado debido a las propiedades oxidativas del gas.

Fuente: Elaboración propia con información de Wiley (1997), Tirilly (2002), Rivera *et.-al.* (2007) y Rodríguez y Narciso-Fernández (2012).

2.2.5 Métodos de envasado

En respuesta a los nuevos hábitos de consumo de la industria agroalimentaria ha implementado paulatinamente tecnologías de producción y conservación que garantizan la calidad higiénica de los alimentos y prolongan su vida útil minimizando las alteraciones en los mismos.

En los sistemas de envasado en atmósfera protectora existen tres tipos de componentes básicos: los gases, el material de envasado y los equipos de envasado (Figura 5).



Figura 5. Componentes básicos del envasado en atmósfera protectora.

Entre los gases más utilizados están el oxígeno, el dióxido de carbono y el nitrógeno; con respecto a los materiales de envasado suelen emplearse polímeros con propiedades de barrera diferentes, por último hay amplia variedad de equipos que responde a las diversas necesidades (Gacía *et al.*, 2006).

Dentro del sistema de envasado se encuentran:

- Gases de envasado. Se estructura en dos líneas básicas: los nuevos sistemas de aplicación de los gases convencionales (oxígeno, dióxido de carbono y nitrógeno) y el empleo de otros gases de interés.
- Envasado activo. Tiene como finalidad incrementar el tiempo de conservación y preservar o potenciar sus propiedades, para ello se liberan sustancias de interés (antimicrobianos, antioxidantes, aromas) y/o se retiran compuestos indeseables (oxígeno, etileno, olores) del producto envasado.
- Envasado inteligente. Se destina a controlar las condiciones de conservación de los alimentos e informar al consumidor sobre las mismas.
- Recubrimientos comestibles. Se utilizan en diversidad de productos alimenticios con el fin de preservar sus características y prolongar su vida útil.

2.2.5.1 Recubrimientos comestibles

Un recubrimiento se define como una capa delgada de material que puede ser ingerida por el consumidor. Este puede aplicarse sobre o entre los alimentos por inmersión, cepillado, roseado o enrollado y al igual que los empaques, también puede funcionar como una barrera selectiva contra la transmisión de gases tales como el CO₂ y el O₂, vapores y solutos, además de proporcionar integridad mecánica y manejo de los alimentos así como servir como vehículo para la liberación de sabores, nutrientes y agentes antimicrobianos (Gonzalez-Olmos y Guzman-Morfin, 2001).

Estos recubrimientos se pueden obtener a partir de sustancias solas o en mezclas.

Los polisacáridos. Debido a su naturaleza hidrófila, estos constituyentes presentan más interés por crear y conservar una atmosfera modificada en O₂ y CO₂ que por limitar la pérdida de agua de los productos (Tirilly, 2002). Una variedad de estos compuestos y sus derivados han sido probados para uso potencial como películas comestibles las cuales en forma general se puede decir que presentan buenas propiedades de barreras al gas y se adhieren a las superficies cortadas de frutas y hortalizas, pero por su naturaleza hidrofílica las hace ser barreras pobres contra la humedad (González-Olmos y Guzman-Morfin, 2001).

Proteínas. Tienen buenas propiedades mecánicas y son buena barrera para los gases (O₂ y CO₂) pero no para la transmisión de vapor de agua son susceptibles a los cambios de pH (Pérez, 2013).

Lípidos. Los lípidos dan los mejores resultados en poscosecha. Mediante su utilización se reduce la respiración, deshidratación y mejora el brillo de los frutos. Los recubrimientos formados por lípidos son friables y frágiles por lo que se debe de aplicar en combinación con una matriz de soporte no lipídica (Brasil *et.-al.*, 2012).

Las ceras o aceites. Limitan la pérdida de agua y permiten la permeabilidad al O₂ y al CO₂, sus efectos son efectivamente múltiples: disminución de la absorción del oxígeno sin efecto sobre la emisión de CO₂ en la zanahoria, disminución de la pérdida de peso en el pepino y en patata, el retraso de la maduración del tomate, limitación del enverdecimiento o de la recuperación de la germinación de la patata, prolongación del tiempo de supervivencia comercial en todos los productos tratados.

Los aditivos en los recubrimientos comestibles (RC) o películas comestibles (PC) son todas aquellos materiales que se pueden incorporar en la formulación de estas, lo cuales

van a tener una influencia en las propiedades de barrera mecánicas, de transporte, así como efectos en su funcionalidad protectora y sensorial. Algunos de los aditivos que se pueden adicionar a los recubrimientos comestibles son:

Plastificantes. Son compuestos orgánicos de bajo peso molecular que se adicionan a los polímeros para suavizarlos, afectan las propiedades mecánicas ya que actúa reduciendo la temperatura de transición vítrea, disminuyendo su cristalinidad, o su temperatura de fusión. Aumenta la facilidad de manejo, flexibilidad y extensibilidad del polímero, modifican la capacidad de atracción de agua del sistema y suelen aumentar la permeabilidad al oxígeno y vapor de agua en los RC y PC. Mono, di y oligosacáridos (glucosa, jarabes), Polioles (glicerol, poli etilenglicol, sorbitol) y lípidos y sus derivados como ácidos grasos (mono glicéridos, surfactantes, derivados de éster) son algunos ejemplos de estos compuestos.

Emulsificantes. Su función es crear medios homogéneos, reduce la actividad de las PC y la velocidad de pérdida de humedad en el producto, algunos ejemplos son grasas y aceites, emulsificantes (tween 20, 60, 80), poli etilenglicol, por mencionar entre otros.

Agentes reafirmantes. Utilizados para lograr el entrecruzamiento y formar geles firmes al reaccionar con compuestos coloidales poliméricos: el alginato, gelano y pectina. Cloruro de calcio, pectato de calcio, en general sales con calcio (fuentes de cationes divalentes).

Antimicrobianos. Su función es un agente conservador, los ácidos orgánicos y sus sales (ácido sórbico, propionico y benzoico), sulfito, nitritos, bacteriocinas (nicina y pediocinas), enzimas (lisozimas), compuestos de origen natural (extractos y aceites de plantas tales como: canela, vainilla, clavo, orégano, cebolla ajos, mostaza, semillas de pomelo), entre otros son algunos ejemplos de este agente.

Antioxidantes. Evitar el pardeamiento enzimático es su función, aunque también se pueden utilizar como conservadores; ejemplos: Ácido ascórbico, ácido cítrico y N-acetilcisteína, etc. (Pérez, 2013).

En frutas y vegetales frescos o poco procesados se usa la carboximetilcelulosa (CMC) para prevenir la pérdida de jugo y preservar la textura. En frutas abrillantadas se usan pectinas de bajo metoxilo, pectinatos, alginatos y almidón (Guevara, 2010).

Otro método emergente de envasado que se ha utilizado en la actualidad en la utilización de atmósferas modificadas.

2.2.5.2 Atmósferas modificadas

La atmósfera modificada, consiste en cambiar inicialmente la atmósfera gaseosa en el entorno del producto, permitiendo que las actividades del producto envasado ocasione una variación del entorno gaseoso en las inmediaciones (Brody, 1996).

Esta técnica tuvo sus orígenes en los años 30 cuando las embarcaciones que transportaban carne y mariscos desde Australia y Nueva Zelanda a Inglaterra utilizaron gases en la preservación de los productos (Ospina-Meneses y Cartagena-Valenzuela, 2008).

La atmósfera modificada es generada mediante la eliminación del aire en el interior del empaque y su sustitución con un gas simple, una mezcla de gases o un modificador atmosférico adecuado, como puede ser un absorbedor de oxígeno, dióxido de carbono o etileno, liberadores tanto de dióxido de carbono o vapor de etanol. El uso del modificador atmosférico se encuentra en función del producto por empacar (Guevara, 2010).

De acuerdo con la manera en que se modifique la atmósfera en el interior del empaque, diversas atmósferas pueden crearse de manera pasiva o activa (Tabla 12).

Tabla 10. Diferencias entre atmósfera pasiva y activa.

Tipo de atmósfera	Características
Atmósfera Modificada Pasiva (AMP)	Este tipo de atmósfera puede ser generada debido a la interacción entre la velocidad de respiración del producto y la permeabilidad de la película y los gases; se establecerán condiciones de seudoequilibrio con la consecuente disminución en la concentración de oxígeno y el incremento en la concentración del dióxido de carbono. La velocidad de respiración del producto disminuye hasta igualar la velocidad con que los gases (O_2 y CO_2) permean a través de la película. Cuando el producto es envasado, se llevan a cabo dos procesos simultáneos: la respiración del producto y la permeación de los gases a través de la película plástica.
Atmósfera Modificada Activa (AMA)	Los productos empacados de manera activa son mediante la aplicación de una mezcla con las concentraciones de gas deseadas, con la finalidad de evacuar y reemplazar el aire antes del sellado o la aplicación de un ligero vacío y el remplazo de la atmósfera del empaque, en una mezcla de gases deseada de CO_2 , O_2 y N_2 , puede establecerse un equilibrio de atmósfera modificada, más rápidamente que mediante un empaque pasivo.

Fuente: Guevara (2010).

2.2.5.3 Materiales de envasado

Los empaques de alimentos desempeñan una función muy importante dentro de los materiales usados están los clasificados por naturaleza (naturales y artificiales), por el tipo de uso que se les da por la forma o dimensiones que producen, por sus propiedades físicas como permeabilidad a los gases y/o vapores, su resistencia, fragilidad, permeabilidad a la luz y por el tipo de material (metálico, vidrio o plástico) (Guevara, 2010).

Las características del empaque son determinantes para evitar riegos y perjuicios por oxidaciones, pérdidas de color, por la desecación, la proliferación de masas microbianas y otras contaminaciones en el empaquetado de frutas y hortalizas, así como para protegerlo contra gases y olores (Ospina-Meneses y Cartagena-Valenzuela, 2008).

Para cumplir las funciones exigibles del empleo de atmósfera modificada (EAM) de frutas y hortalizas frescas (limitar la deshidratación, reducir la respiración y frenar la maduración y las alteraciones) existen varias modalidades: la envoltura individual con combinaciones de ácidos grasos y metilcelulosa, ceras naturales o de síntesis, biopelículas proteínicas a base de zeína y gluten, ésteres de sacarosa, o polímeros sintéticos como el polietileno (PE) o el policloruro de vinilo (PVC). En consecuencia, los polímeros plásticos destinados al EAM para envases de venta deberán reunir las características siguientes (Artés, 2006):

- Permeabilidad requerida y, en su caso, selectiva para los distintos gases
- Baja permeabilidad al vapor de agua
- Elevada transparencia, claridad y brillo
- Peso reducido
- Espesor idóneo
- No tóxico
- Resistencia a la rotura y al estiramiento
- Facilidad para sellarse por calor a temperatura relativamente baja (30-40°C)
- Inocuo y que no reaccione con el producto vegetal
- Buena resistencia térmica y al ozono
- Buena transmisión del calor
- Adecuado para uso alimentario y comercial
- Fácil manejo en el envasado y etiquetado mecanizado a elevada velocidad
- Fácil de imprimir
- Que no se empañe

Se mencionan ventajas de algunas películas plásticas, para el polietileno de baja densidad (LDPE) baja permeabilidad al vapor de agua, alta permeabilidad a gases,

aromas y grasas, excelente sellabilidad, bajo costo, claridad y moderada resistencia a la tensión, seguridad para el consumidor. Para el polipropileno (PP) es más rígido, fuerte y luminoso que el polietileno, tiene baja permeabilidad al vapor de agua, es estable a la alta temperatura, buena barrera a las grasas, humedad y aromas, buena sellabilidad (Ospina-Meneses & Cartagena-Valenzuela, 2008).

En la Tabla 13 se proporcionan las propiedades de barrera de los films plásticos, los cuales son empleados en el envasado.

Tabla 11. Propiedades de barrera de tipos de envase.

Tipo de película	O₂ (cm³ m⁻² día⁻¹ a 1atm) a 22-25 °C	CO₂ (cm³ m⁻² día⁻¹ a 1atm) a 22-25 °C	Vapor de Agua(g m⁻² día⁻¹ a 37,8°C y 90%HR)
Polietileno baja-densidad (LDPE)	3.900-13.000	7.700-77.000	6-23,2
Polietileno baja densidad lineal (LLDPE)	7.000-9.300	—	16-31
Polietileno media-densidad (MDPE)	2.600-8.293	7.700-38.750	8-15
Polietileno alta- densidad (HDPE)	520-4.000	3.900-10.000	4-10
Polipropileno (PP)	1.300-6.400	7.700-21.000	4-10,8
Cloruro de polivinilo (PVC)	620-2.248	4.263-838	—
Cloruro de polivinilo plastificado (PVC)	77-7.500	770-55.000	>8
Poliestireno (PS)	2.000-7.700	10.000-26.000	108,5-155
Copolimero acetato de viniletileno (12% VA)	8.000-13.000	35.000-53.000	60
Ionómero	3.500-7.500	9.700-17.800	22-30
Goma hidrocolorada (Pliofilm)^d	130-1.300	520-5.200	>8
Cloruro de polivinilideno (PVDC)^c	8-26	59	1,5-5

Fuente: Wiley (1997).

2.2.6 Legislación relacionada con los alimentos mínimamente procesados

Justo a las disposiciones de la Food, Drug and Cosmetic Act (FDC), la Food and Drug Administration (FDA) de los EEUU ha promulgado las regulaciones de las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) orientadas a minimizar el riesgo para la salud pública a consecuencia de la manipulación, almacenamiento, distribución o procesado impropio de frutas y hortalizas y otros alimentos. Además, también ciertas disposiciones de las normativas sobre inspección cárnica (9 CFR 318) y sobre inspección de aves (9 CFR 381) tienen la relación con producción higiénica de alimentos.

Todos los alimentos refrigerados mínimamente procesados (RMP) incluirán la refrigeración como uno de los obstáculos o vallas para mantener la seguridad y la calidad de los productos. En consecuencia, tales alimentos se consideran alimentos refrigerados. Puesto que hoy día no existen regulaciones específicas de Buenas Prácticas de Fabricación para los alimentos refrigerados, los fabricantes necesitan conocer por ellos mismos los requerimientos del Título 21 del Código de las Normas Federales (CFR) Apartado 110 y las Buenas Prácticas de Fabricación actuales durante la Fabricación, Envasado o Mantenimiento de los Alimentos para consumo humano.

Lo más probable es que la FDA y la USDA orientaran las normativas específicas para las frutas y hortalizas RMP a medida que estos productos se incrementen cuantitativamente. Hecho que en algunos casos ya ha ocurrido. La FDA y USDA han regulado disposiciones o políticas sobre ciertos alimentos mínimamente procesados (Wiley, 1997).

Los productos mínimamente procesados en México aún no cuentan con una legislación o norma para su elaboración y cada vez es más común encontrar este tipo de alimentos en los supermercados, lo que indica que han ganado aceptación entre los consumidores, especialmente ciertos productos como cocteles de frutas, diversos tipos de ensaladas y hortalizas congeladas, sin embargo se toma en consideración que el producto mínimamente procesado se de una calidad microbiológica aceptable de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA-1994, también se pueden tomar en consideración las siguientes normas: NOM-092-SSA1994, NOM-110-SSA-1994, NOM-111-SSA-1994, NOM-112-SSA-1994 Y NOM-113-SSA-1994, como parámetros de calidad sanitaria.



OBJETIVOS

3 Objetivos

Objetivo General: Asegurar la inocuidad y calidad de papaya maradol mínimamente procesada mediante la aplicación de diferentes métodos de desinfección así como su conservación mediante una atmósfera modificada activa y una pasiva (recubrimiento comestible) que prolongue su vida de anaquel.

3.1 Objetivos particulares

Objetivo Particular 1: Seleccionar el grado de madurez (3/4 amarillo y amarillo-naranja) de la papaya para desarrollar un producto mínimamente procesado con características fisicoquímicas (pH, acidez, sólidos solubles), físicas (color, firmeza, %pérdida de peso, %liberación de líquido) y nutrimentales (vitamina C) similares a la papaya fresca.

Objetivo Particular 2: Evaluar el efecto de tres desinfectantes (ozono, hipoclorito de sodio e irradiación UV-C), mediante un análisis de microorganismos (coliformes, mesófilos, mohos y levaduras) en papaya mínimamente procesada para seleccionar el agente que prolongue la vida útil del producto.

Objetivo Particular 3: Determinar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de alginato (0.5, 0.75%) más cloruro de calcio (1,2%) en los parámetros de calidad (firmeza y % liberación de líquido), nutrimentales (vitamina C) y características sensoriales de papaya mínimamente procesada.

Objetivo Particular 4: Comparar la aplicación de una atmósfera modificada pasiva (recubrimiento más envase-PET) y una activa (envase de baja permeabilidad al O₂) en papaya mínimamente procesada para determinar el tipo de envasado que prolongue la vida útil del producto sin afectar sus parámetros de calidad.



MATERIALES Y MÉTODOS

4. Materiales y Métodos

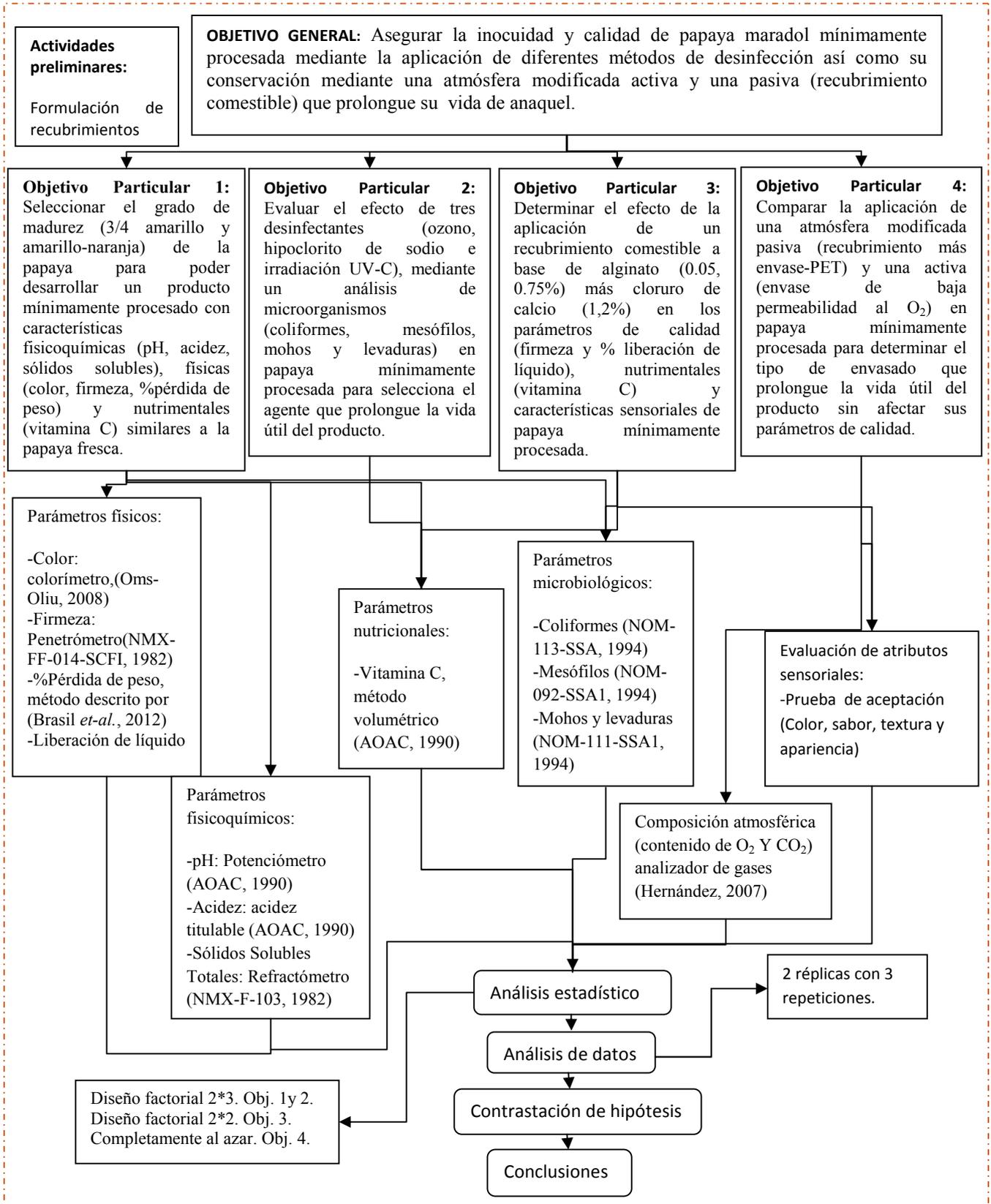


Figura 6. Cuadro metodológico.

4.1 Material Biológico

Las papayas (*Carica papaya L.*) de la variedad 'Maradol' se adquirieron en la Central de Abastos de la Ciudad de México con diferentes estados de madurez (amarillo-naranja y $\frac{3}{4}$ de amarillo), fueron trasladadas al Laboratorio de Postcosecha de Productos Vegetales del Centro de Asimilación Tecnológica de la UNAM para su estudio (Figura 7).



Figura 7. Papaya 'Maradol' en estadio pre-climatérico.

4.2 Evaluación de desinfectantes y selección del estado de madurez para papaya mínimamente procesada

Para la evaluación de desinfectantes y selección del estado de madurez, primeramente se siguió el proceso de elaboración de papaya mínimamente procesada, que se realizó manualmente a una temperatura de refrigeración de 8-10°C, en un área desinfectada con hipoclorito de sodio al 70%. El proceso de elaboración se muestra en la Figura 8.

Descripción del proceso

Lavado y desinfección del material. El material que se utilizó durante el procesamiento de la papaya (cuchillos, tablas de picar, escurridores, cucharas y recipientes de plástico) fueron sometidos a un lavado con una solución de jabón y agua; posteriormente se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 3% siendo sumergido en la solución de hipoclorito. Los envases que se utilizaron fueron irradiados con UV-C por 30 min en una cámara de 80 x 100 x 80cm, provista de una lámpara germicida (marca SankyDenki, modelo G15 T18).

Lavado de los frutos. Las papayas se lavaron con una solución de jabón y agua, se enjuagaron y se dejó secar.

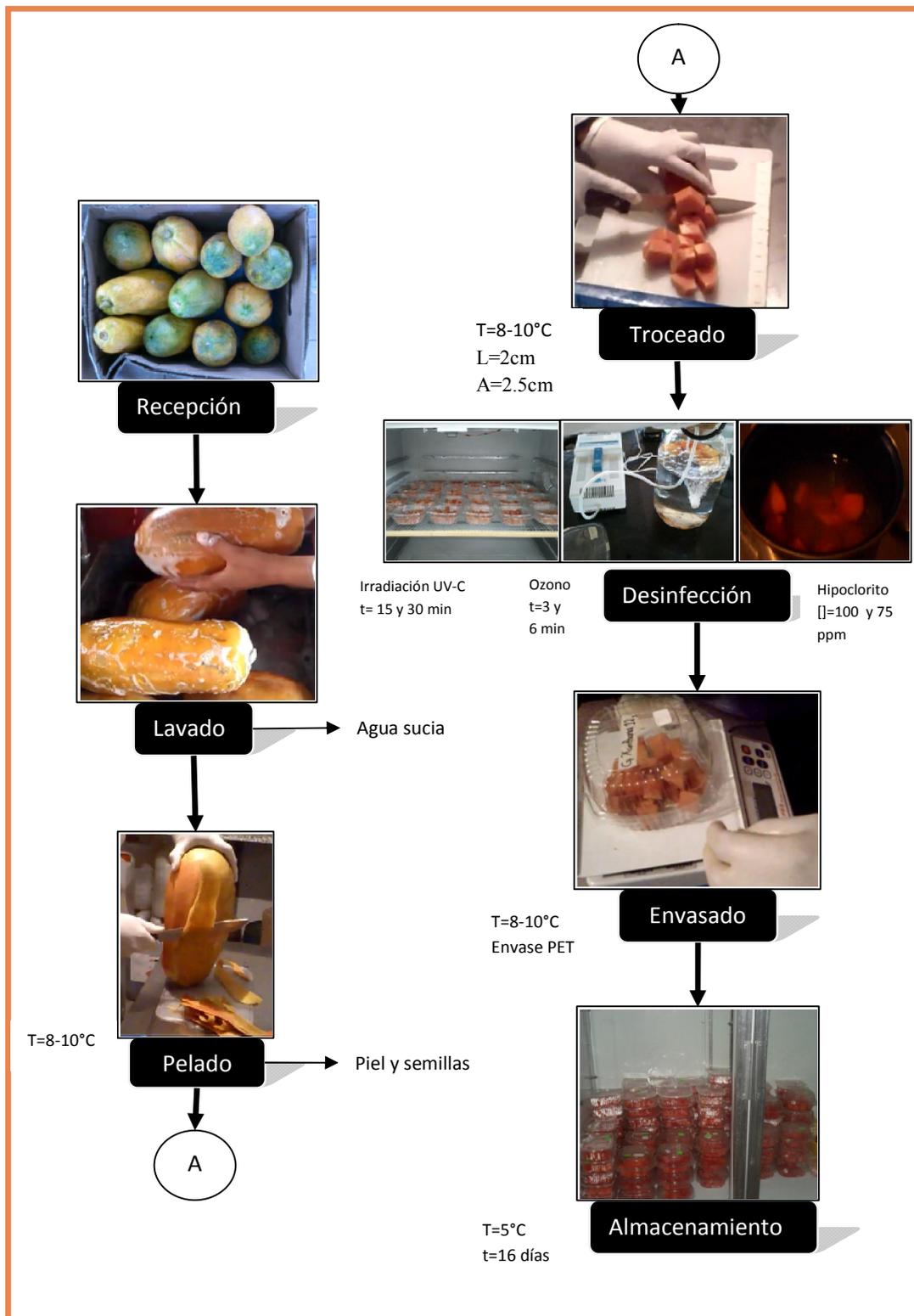


Figura 8. Diagrama de proceso de elaboración de papaya mínimamente procesada.

Pelado y cortado. Las papayas se pelaron con un cuchillo de acero inoxidable, se cortaron en cuatro partes iguales de manera longitudinal, posteriormente se partieron en trozos de aproximadamente 2 x 2.5cm. A partir de esta etapa del proceso la temperatura en que se realizó fue de 8°C.

Desinfección de la papaya. La desinfección se realizó con tres métodos diferentes las condiciones se describen en la Tabla 14.

La desinfección con una solución de hipoclorito de sodio se realizó sumergiendo la papaya fresca cortada en dichas soluciones (75 y 100 ppm de hipoclorito de sodio) previamente preparada durante 3 min, posteriormente se dejaron escurrir por 2 min para poder envasar.

Tabla 14. Condiciones de los métodos de desinfección aplicados al producto mínimamente procesado.

Método de desinfección	Hipoclorito de sodio (ppm)		Ozono (min)		Radiación UV-C (min)	
		75	100	3	6	15

La desinfección con ozono se realizó en un contenedor de vidrio y 3L de agua destilada dentro del recipiente de vidrio; donde se sumergieron trozos de papaya en el agua y se encendió el Ozonificador (potabilizador de agua mod. BIOZON) por un tiempo programado del equipo de 3 min, posteriormente se dejaron escurrir durante 2 min para su pesado y envasado posterior.

La desinfección por UV-C, se realizó después de haber envasado la papaya troceada en contenedores de PET, los cuales fueron colocados en una cámara de irradiación UV-C (marca Sanky Denky mod. G15 T18) en filas de 10x6 contenedores a 17 cm de distancia de la lámpara, para su desinfección por 30 min. Al término de dicha operación se cerraron los envases y se etiquetaron de acuerdo al tratamiento utilizado.

Envasado y pesado. La papaya fresca cortada se envasó en tarrinas PET, previamente desinfectados, colocando un peso de 90 gramos de papaya.

Almacenado: El producto terminado se almacenó en refrigeración por 12 días y cada 4 días se hizo un monitoreo de los parámetros físicos (color, firmeza, %pérdida de peso y %liberación de líquido) fisicoquímicos (pH, acidez y Sólidos Solubles Totales), nutricionales (Vitamina C), microbiológicos (coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras).

4.3 Aplicación del recubrimiento comestible a base de alginato y cloruro de calcio en papaya mínimamente procesada a dos diferentes concentraciones

La aplicación de recubrimientos comestibles sobre papaya MP se hizo primeramente con la elaboración de los mismos que se realizaron mediante la hidratación del alginato (0.75 y 0.5%) que se llevó a cabo con agitación constante (utilizando un homogenizador) de 1 a 2 min, con la adición de glicerol 2 g y de tween ya homogenizada la solución se esterilizó durante 20 min a una presión de 125 Pa.

Por otra parte la preparación de cloruro de calcio se realizó con agitación manual en concentraciones de 1 y 2% utilizando agua destilada.

4.3.1 Aplicación del recubrimiento

El recubrimiento estéril se aplicó en la papaya mínimamente procesada en un tiempo de inmersión de 3 min, se escurrió durante 2 min, se sumergió en la solución de cloruro de calcio por 2 min, se dejó secar el recubrimiento comestible aplicado en la papaya colocándola en una malla y en un área con aire estéril durante 30 min y finalmente se almacenó a una temperatura de 5°C por 16 días, donde cada 4 días se hizo el seguimiento de parámetros de calidad (firmeza, color, %liberación de líquido y % pérdida de peso). El diagrama de proceso se muestra en la Figura 9.

4.4 Comparación de diferente atmósfera modificada en papaya mínimamente procesada

Para la comparación de diferentes atmósferas modificadas, se utilizó un envase (película coextruida) con un film de alta barrera al oxígeno ($PO_2 = >100\text{cm}^2/\text{m}^2 \cdot \text{día} \cdot \text{atm}$) que se aplicó hasta el envasado de la papaya mínimamente procesada (donado por la empresa Phoenix) y por otra parte se utilizó un recubrimiento a base de alginato que se aplicó antes del envasado, ya hechos los dos diferentes productos estos se almacenaron a 5 °C durante 20 días y cada 4 días se realizaron evaluaciones en sus parámetros de calidad (firmeza, color, % pérdida de peso, % liberación de líquido, composición atmosférica) de acuerdo a las técnicas descritas en el apartado 4.5.

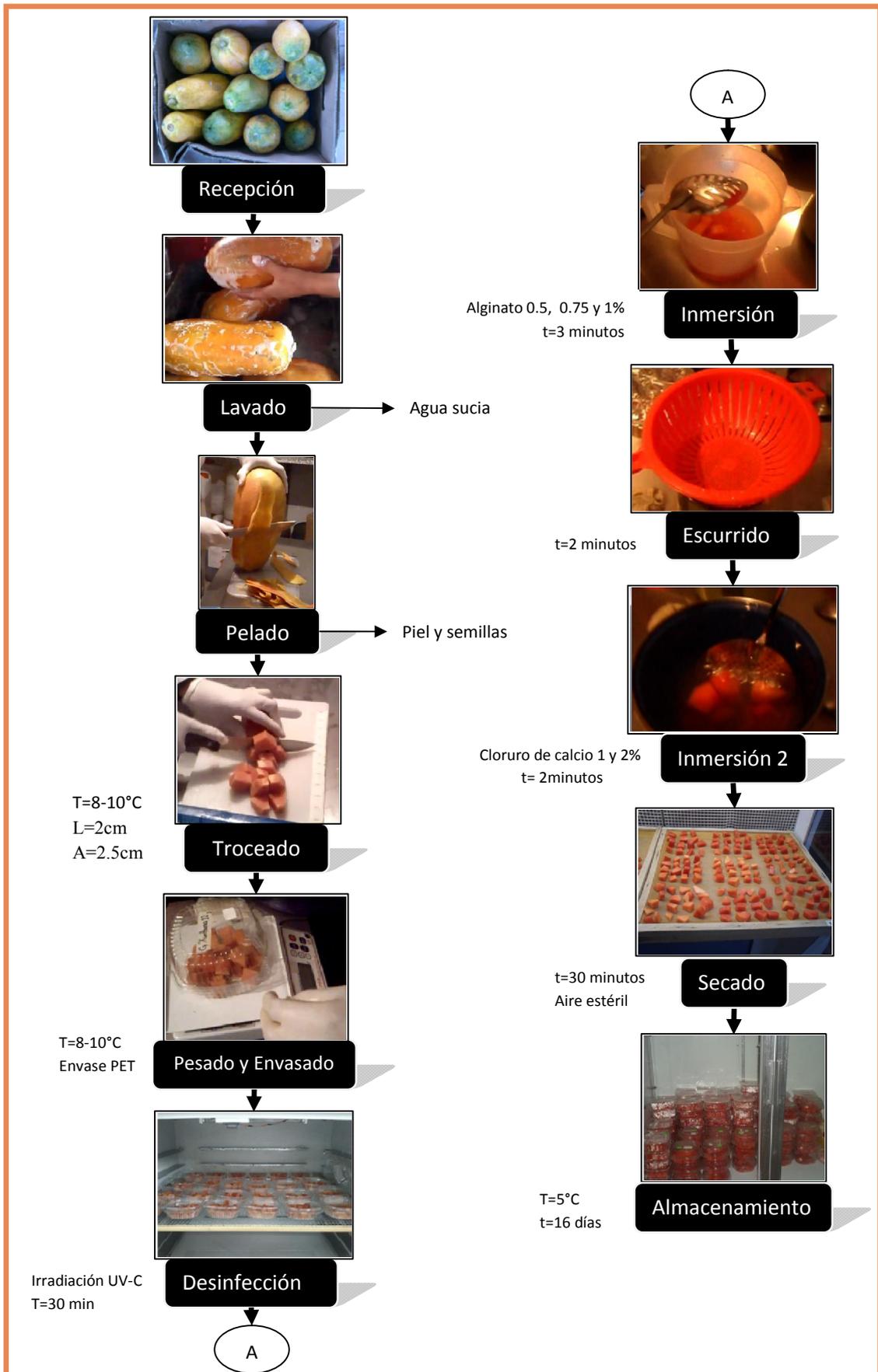


Figura 9. Diagrama de proceso de elaboración de papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible a base de alginato.

4.5 Métodos analíticos

4.5.1 Parámetros físicos



Figura 10. Espectrofotómetro Minolta

Color. Las medidas de color se realizaron en 6 cubos de papaya cortada. Para ello se utilizó un Espectrofotómetro Minolta (Figura 10) por el sistema Hunter Lab que representa la cromaticidad en coordenadas rectangulares. L representa la luminosidad desde la reflexión nula ($L=0$) a reflexión difusa perfecta ($L=100$). Los valores L, a y b se utilizan para calcular el tono (ángulo de Hue) donde Hue: 0° = rojo-púrpura, 90° =amarillo, 180° = azulado-verde y 270° =azul. El croma indica

la intensidad de color o saturación del color. Hue se calcula a partir de la ecuación $h^\circ = \arctan(b/a)$ y la cromaticidad por la ecuación $c = (a^2 + b^2)^{1/2}$ (Gutiérrez y Juárez, 2011).

Firmeza. Se realizó por medio de un penetrómetro manual (marca Tr, modelo FT327) (Figura 11), este método se basa en la medición del esfuerzo necesario para vencer la resistencia que presenta la pulpa a la introducción de un émbolo de metal el cual fue un cilindro de 8 mm de diámetro. Los resultados se presentan en Newton, de acuerdo a la NMX-FF-014-1982.



Figura 11. Penetrómetro

Pérdida de peso. La pérdida de peso se obtuvo mediante la diferencia entre el peso inicial al día 0 de almacenamiento y el peso final obtenido durante los días de muestreo. Los resultados se expresaron en % de pérdida de peso.

Composición atmosférica de papaya mínimamente procesada en envases PET. Se realizó mediante la utilización del analizador de gases (Mod. 902D Dual Trak), donde se toma la lectura de oxígeno y dióxido de carbono del espacio de cabeza en los productos envasados. Los resultados se expresaron en porcentajes de O_2 y CO_2 .

Liberación de líquido. La liberación de líquido se hizo colocando entre dos papeles filtro puestos a peso constante previamente, donde se aplicó un peso de 100g por 10 s.

Se calculó tomando el peso inicial y el peso después de aplicar el peso de los papeles. Los resultados se expresaron en % de líquido desprendido.

4.5.2 Parámetros fisicoquímicos

Medición de Sólidos solubles totales (SST). Para el contenido de SST se utilizó un refractómetro digital (Figura 12), el cual se basa en el cambio de dirección que sufren los rayos luminosos en el límite de separación de dos medios en los cuales es distinta la velocidad de propagación (NMX-F-103). Los resultados se expresaron en °Brix.



Figura12.Refractómetro

Determinación de pH. El pH es una medición de la actividad de iones H^+ e indica acidez. Esta puede ser medida por uso de un electrodo patrón de hidrógeno y otro de referencia (potenciómetro digital marca HANNA) (Figura 13). Se utiliza buffers de pH estándar para su calibración (AOAC, 1990).



Figura23.Potenciómetro

Acidez titulable. Se realizó por medio de una titulación directa, la cual es la neutralización de los iones hidrogeno del ácido utilizando una solución de hidróxido de sodio y un indicador llamado fenolftaleína(AOAC, 1990). La acidez se expresó como el porcentaje de ácido cítrico por 100 g muestra.



Figura 14.Titulación para acidez.

4.5.3 Parámetros nutrimentales

Determinación de ácido ascórbico (vitamina C). Se determinó por método volumétrico, el cual se fundamenta en la propiedad del ácido ascórbico de reaccionar con el indofenol (2,6 dicloro fenol indofenol), decolorando el color azul; la cantidad decolorada es proporcional a la cantidad de Vitamina C presente en el alimento (Figura 15).



Figura 15. Titulación para Vit.C

4.5.4 Parámetros microbiológicos

Se realizaron los análisis microbiológicos de Mohos y levaduras, Coliformes y Mesófilos aerobios por medio del método siembra directa y conteo en placa expresados en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g).

Coliformes totales. Se utilizó Agar Mac Conkey y Agar Rojo Bilis a una temperatura de incubación de 37°C por 24 horas, para el recuento se realizó en base a la norma NOM-113-SSA-1994.

Mesófilos aerobios. Se utilizó Agar Nutritivo a una temperatura de incubación de 37°C por 24-48 horas, de acuerdo a la norma NOM-092-SSA1-1994.

Mohos y Levaduras. Se utilizó Agar selectivo de Papa Dextrosa a una temperatura de incubación de 25°C por 3-5 días de acuerdo a la norma NOM-111-SSA-1994.

4.5.5 Prueba sensorial

Evaluación sensorial se realizó mediante una prueba de aceptabilidad utilizando una escala hedónica, con un grupo de panelistas de 10 personas no entrenadas para determinar el efecto de los recubrimientos en las características organolépticas de la

papaya mínimamente procesada, donde se evaluaron los atributos de color, olor, sabor y textura (Figura 16) (Brasil, *et.al.*, 2012).

Nombre: _____ Fecha: _____

Instrucciones: A continuación se encuentran unas muestras de papaya, pruéalas y selecciona en base a la escala el número que crees describe el parámetro.

Papaya			
Parámetro	291	589	126
Intensidad de color ^B			
Apariencia ^A			
Olor ^A			
Sabor ^A			
Textura ^C			

A Escala general:

1. Muy mala
2. Mala
3. Aceptable como consumo
4. Buena
5. Muy buena

B Escala de color:

1. Naranja muy claro
2. Naranja claro
3. Naranja
4. Naranja intenso
5. Extremadamente naranja

C Escala de textura:

1. Muy blanda
2. Blanda
3. Aceptable como consumo
4. Firme
5. Muy firme

Figura 16. Formato de la prueba sensorial aplicada a los panelistas durante los días de muestreo

4.6 Análisis estadístico

En el primer y segundo experimento se analizaron los datos obtenidos mediante un diseño factorial y de bloques, para el último se realizó el análisis estadístico completamente al azar (ANOVA) con una diferencia significativa de ($p \leq 0.05$) la cual permite conocer si existe efecto significativo o no por cada una de las variables mediante pruebas de rango múltiple (Tukey y Duncan) a través del programa estadístico SPSS for Windows Student Version 20. En la Tabla 15 se muestran las variables y niveles de variación del primer experimento y la Tabla 16 muestra las variables del segundo experimento.

Tabla 15. Niveles de variación de las variables del objetivo particular 1 y 2.

Factor 1	Factor 2
Estado de madurez de papaya	Desinfectantes
Amarillo-naranja	Ozono
	Cloro
	Radiación UV-C
$\frac{3}{4}$ de amarillo	Ozono
	Cloro
	Radiación UV-C

Tabla 16. Variables y niveles de variación del objetivo particular 3.

Factor 1	Factor 2
Concentración de Alginato	Concentración de Cloruro de Calcio
Alta [75%]	Alta [1%]
Baja [0.5 %]	Baja [2%]
Alta [75%]	Alta [1%]
Baja [0.5 %]	Baja [2%]



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5 Resultados y Discusión

5.1 Efecto de desinfectantes en parámetros de calidad de papaya 'Maradol' mínimamente procesada

5.1.1 Parámetros físicos de papaya mínimamente procesada con distintos tratamientos de desinfección

- **Firmeza**

La textura es uno de los atributos con más peso en la aceptabilidad final de consumo en fruta dulce, los parámetros con más peso en la textura de un fruto son los de tipo mecánico, principalmente la firmeza de la pulpa que a su vez refleja su composición química y su ultra estructura tanto celular como tisular (Inmaculada, 2011).

El ablandamiento de los tejidos del fruto, que se manifiesta en una disminución de su firmeza, es uno de los cambios más visibles y comunes entre los que tiene lugar durante la maduración. Los cambios que experimenta el fruto durante la maduración se acompañan de modificaciones en la composición y estructura de las paredes celulares y particularmente de la degradación de los polisacáridos que la constituyen (Inmaculada, 2011).

En la Figura 17 se pueden observar los cambios en la firmeza de la papaya mínimamente procesada sin tratamientos de desinfección, así como la papaya tratada con hipoclorito de sodio, ozono y radiación UV-C, almacenada a 5°C por 12 días en dos estadios de madurez 4/4 amarillo-naranja y 3/4 de amarillo.

La firmeza de todos los cubos de papaya tuvieron una tendencia a disminuir con respecto al tiempo de almacenamiento encontrándose que los cubos de estadio 4/4 amarillo tuvieron un descenso de 33.3% y los de 3/4 de amarillo un 60.6 % al inicio del estudio con respecto a los 12 días de conservación, por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la firmeza de los trozos evaluadas debido al estado de madurez, presentando los cubos del primer estadio 47.2% menor firmeza que los segundos.

En la Figura 17-A se observa que al inicio del estudio, la firmeza de los cubos de papaya con radiación UV-C y ozono presentaron una menor firmeza de 78.2 y 93.2% en comparación con los control que tuvieron similar firmeza a los desinfectados con

hipoclorito de sodio (11.9 N), por lo que la firmeza de los cubos tratados con los últimos dos métodos de desinfección no mostraron diferencia significativa en firmeza ($p \geq 0.05$), pero sí con los tratados con los otros dos métodos de desinfección (UV-C y ozono). En el cuarto día de almacenamiento el producto mínimamente procesado control mantuvo la firmeza de 12.9 N, por el contrario el desinfectado con hipoclorito de sodio y ozono presentaron una disminución de su firmeza con valores de 8.5 y 5.8 N respectivamente, encontrándose diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la firmeza de los productos tratados con UV-C en comparación con los cubos desinfectados con hipoclorito de sodio y ozono.

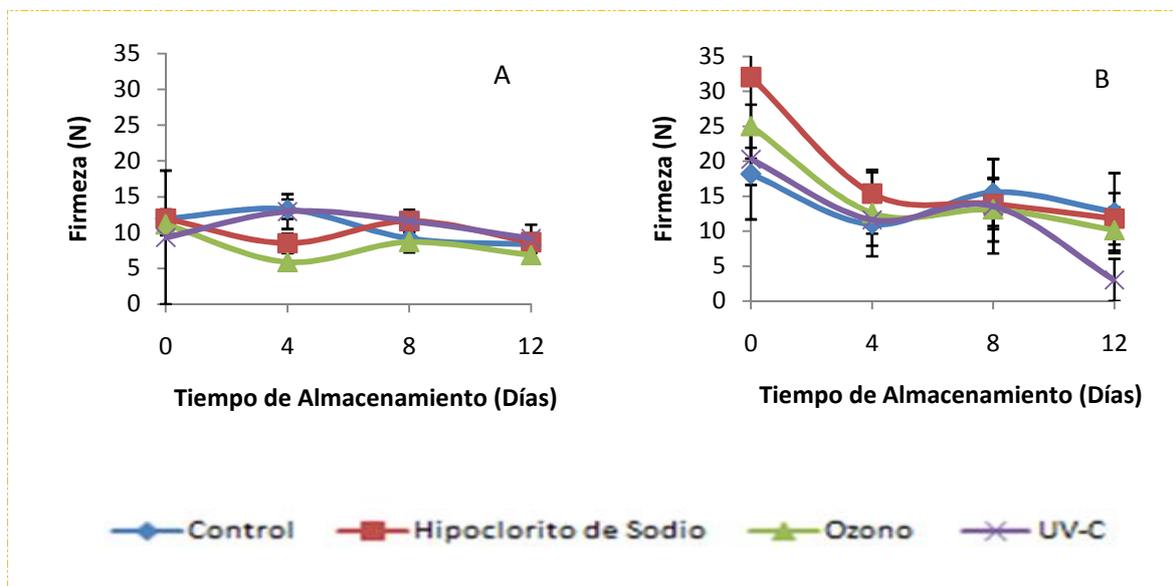


Figura 17. Efecto de diferentes métodos de desinfección en la firmeza de papaya 'Maradol' en dos estados de madurez, papaya 4/4 amarillo-naranja (A) y 3/4 amarillo (B). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

Para el último día de almacenamiento (12 días), los cubos de papaya desinfectados con radiación UV-C presentaron el mayor valor en dicho parámetro siendo de 9.1 N teniendo 2.1% pérdida de firmeza, seguido de los desinfectados con hipoclorito de sodio (8.6 N) con 26.9 %, por otro lado los control presentaron una evidente disminución de 30.2% en su firmeza registrando un valor de 8.3 N, mientras que los desinfectados con ozono presentaron 38.7% menor firmeza con un valor de 6.8 N, por lo que para este día no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en firmeza de las papayas evaluadas.

Por el contrario en la Figura 17-B los cubos de papaya desinfectados con hipoclorito de sodio, ozono y radiación UV-C presentaron 77.7, 38.9 y 12.2% mayor firmeza en el día

cero y para los control que presentaron la menor firmeza 18 N, por lo que se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la firmeza de los cubos de papaya entre los desinfectados y los control; al cuarto día de conservación todos los productos presentaron una disminución de dicho parámetro siendo los desinfectados con hipoclorito de sodio los que presentaron 41.2% mayor firmeza que los control, desinfectados con ozono y radiación UV-C 71.2 , 81.6 y 75.8% respectivamente, sin mostrar diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los desinfectados y los control. Al final del almacenamiento los cubos desinfectados con radiación UV-C presentaron una disminución de 85.1% en su firmeza del inicio con respecto al final, quedando con un valor de 3.1 N, los desinfectados con ozono presentaron una disminución de 40.4% en su firmeza con un valor de 10.1 N, en tanto que los tratados con hipoclorito de sodio mostraron un valor de 11.7 N representando el 36.5% de firmeza perdida durante su almacenamiento y por último los control que presentaron una firmeza de 12.7 N, a pesar de las diferencias numéricas no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en firmeza entre los desinfectados y los control.

La disminución de este parámetro se debe a los procesos de maduración de la papaya y al paso a la senescencia del fruto en la cual hay una pérdida de rigidez estructural de la pared celular y como se observa en ambas figuras la firmeza de los dos estados de madurez fueron diferentes debido a que presenta un metabolismo más activo (mayor tasa de respiración) en consecuencia hay una pérdida de agua y aceleración de la senescencia (Inmaculada, 2011).

Las situaciones que producen rotura de los tejidos se traducen en una activación metabólica, produciéndose como principales manifestaciones fisiológicas de este fenómeno un incremento en la velocidad de la respiración en algunos casos y producción de etileno. La respuesta de los tejidos depende de la magnitud del estrés a que ha estado sometido. La degradación de la textura durante el almacenamiento se debió a la hidrólisis enzimática de los componentes de la pared celular (Wiley, 1997).

La firmeza reportada en trabajos realizados por Moyano (2009) fue de 9.8 N a 11.7 N, lo cual nos indica que el estado de madurez tuvo una influencia en la firmeza, pero no de los tratamientos aplicados. Sin embargo, Hernández (2007) en el estudio realizado de papaya también observó pérdida de firmeza en trozos de papaya 100% maduros con respecto de los trozos al 80% de madurez, conservados a 5°C; describiendo que los cambios en la firmeza de la papaya cortada eran debidos fundamentalmente al aumento de la actividad de enzimas relacionadas con la degradación de la pared celular.

La pérdida de firmeza en trozos de mango al 80% de madurez fue del 43%, mientras que los trozos 100% maduros fue del 73% al final del estudio, se observó que los trozos de mango al 80% de madurez presentaron siempre mayor firmeza (Hernández, 2007).

Se concluye que los cambios de la firmeza en la papaya se ven afectados en cuanto a los estados de madurez que se utilizaron en el estudio realizado, el estado de madurez 1 (amarillo-naranja) no resultó ser adecuado para la obtención de papaya mínimamente procesada debido a que entra más rápido en el periodo de senescencia y por lo tanto va perdiendo con mayor facilidad sus características, siendo el estado de madurez $\frac{3}{4}$ de amarillo el mejor para el procesamiento de la papaya; en cuanto a los tratamientos de desinfección aplicados se puede decir que la desinfección de las papayas con radiación UV-C fue el mejor tratamiento debido a que no provocó pérdida de la firmeza durante el almacenamiento a pesar que el uso de hipoclorito de sodio al final del almacenamiento presentó una firmeza similar a las papayas tratadas con UV-C que se descartó debido a que el uso de este desinfectante en los alimentos resulta ser dañino para la salud según los estudios realizados por OSHA (Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de EEUU)(Garmendia y Silvana, 2006); en cuanto a los cubos desinfectados con ozono obtuvieron una menor firmeza durante el almacenamiento notablemente debido a que su estructura fue dañada durante la operación de desinfección, (Olmez y Yesilcimen, 2009).

- **Color**

Luminosidad

La luminosidad (L) es una coordenada del parámetro de color, el cual representa la brillantez de las muestras a evaluar (Brasil, *et-al.*, 2012), y va entre el blanco y el negro con valores que oscilan de 0 a 100, siendo L=0 negro y L=100 blanco.

En la Figura 18 se puede observar el efecto que tuvo la aplicación de tratamientos de desinfección con hipoclorito de sodio, ozono y radiación UV-C en la luminosidad de la papaya mínimamente procesada almacenada a 5°C por 12 días, así como la papaya sin tratamientos de desinfección, en dos estadios de madurez $\frac{4}{4}$ amarillo-naranja y $\frac{3}{4}$ de amarillo.

La luminosidad de la papaya a lo largo del almacenamiento presentó un incremento en los dos estados de madurez evaluados, resultando que los cubos de estadio amarillo

presentaron un aumento de 8.6%, mientras que los de $\frac{3}{4}$ de amarillo 5.2% del inicio del almacenamiento con respecto a los 12 días de conservación, por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la luminosidad de las papayas debido al estado de madurez.

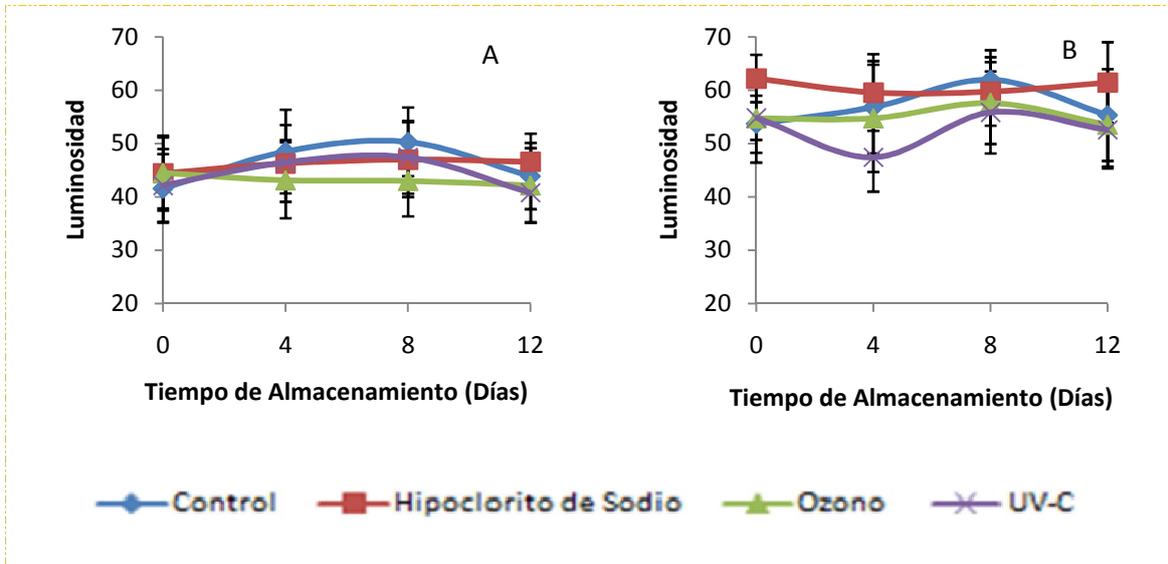


Figura 18. Efecto de diferentes métodos de desinfección en la luminosidad de papaya 'Maradol' en dos estados de madurez, papaya 4/4 amarillo-naranja (A) y $\frac{3}{4}$ amarillo (B). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

En la Figura 18-A se observa al inicio del almacenamiento que los cubos de papaya que fueron desinfectados con ozono, hipoclorito de sodio y UV-C presentaron una luminosidad mayor de 7.2, 7.0 y 1.4 % respectivamente, comparadas con el control, presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) los tratados con la solución de hipoclorito de sodio. En el octavo día de almacenamiento los productos desinfectados con ozono presentaron la menor luminosidad ($L=43$), por el contrario los control y los tratados con UV-C e hipoclorito de sodio presentaron un incremento de la brillantez con valores de $L=50.3$, 47.4 y 47 respectivamente, encontrándose que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la luminosidad de los cubos evaluados con UV-C y cloro con respecto a los control y tratados con ozono. Para el último día de almacenamiento los cubos desinfectados con UV-C presentaron una luminosidad de $L=40.8$, los tratados con ozono de $L=42.2$, los control $L=43.9$ y los desinfectados con hipoclorito de sodio $L=46.6$, por lo que se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la luminosidad entre los cubos desinfectados con respecto a los no desinfectados.

En la Figura 18-B se observa un incremento de este parámetro en los primeros días de almacenamiento, en el primer día de almacenamiento las papayas mínimamente

procesadas tratadas con hipoclorito de sodio, UV-C y ozono presentaron una luminosidad mayor de 15.8, 2 y 1.9%, respectivamente comparadas con las control, siendo las papayas con hipoclorito de sodio las que presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la luminosidad de éstas. Al cuarto día de almacenamiento los cubos de papayas sin desinfectar presentaron un incremento de 5.73% respecto al primer día, en cuanto a los desinfectados con hipoclorito de sodio y UV-C presentaron una disminución de la luminosidad de 4.3 y 13.5%, respectivamente, mientras que los tratados con ozono mantuvieron su luminosidad (color), por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en este parámetro evaluado, entre los cubos desinfectados y los controles. Al final del almacenamiento los trozos de papayas desinfectadas con hipoclorito de sodio presentaron un ligero aumento de la luminosidad siendo de $L=61.4$, los control y los desinfectados con ozono y UV-C mostraron una disminución en su luminosidad presentando valores de 55.3, 53.5 y 52.6 respectivamente, por lo que estadísticamente se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la luminosidad de la papaya mínimamente procesada desinfectada y no tratada (control).

Los resultados concuerdan con datos reportados en trabajos anteriores la papaya fresca cortada presenta un valor de $L= 53.44$ (Waghmare, 2013).

En un trabajo realizado con anterioridad se encontró que la luminosidad de papaya mínimamente procesada se vio afectada por el estado de madurez del fruto, teniendo un estado de madurez al 80% de amarillo-naranja la luminosidad fue constante durante el estudio realizado y por el contrario el estado de madurez 100% maduro disminuyó; la luminosidad en trozos de mango a $\frac{3}{4}$ de amarillo de madurez se mantuvo constante durante su almacenamiento presentando valores mayores con respecto a los trozos 100% maduros, caso similar al de la piña tropical que arrojó datos superiores de luminosidad en rodajas de piña al 80% de madurez durante los días de conservación (Hernández, 2007).

De acuerdo a los resultados obtenidos de la experimentación se puede concluir que el estado de madurez afectó el color en la papaya ya que los valores de luminosidad aumentaron para el estado de madurez $\frac{3}{4}$ de amarillo, por el contrario el estado de madurez $\frac{4}{4}$ amarillo presentó valores menores debido a que en el estado de madurez $\frac{3}{4}$ de amarillo no entró en el periodo de senescencia y por lo tanto durante el almacenamiento siguió desarrollando sus características hasta llegar el estado de madurez ideal para el consumo; en tanto al tratamiento de desinfección más adecuado

que no afectó los valores de luminosidad durante el almacenamiento fue radiación UV-C.

Tono

El parámetro de tono se representa por el valor de Hue que es un ángulo en el círculo de color donde 0=rojo-purpura, 90= amarillo, 180= azul-verde y 270= azul.

El tono de la papaya tuvo una tendencia a incrementar con respecto al tiempo de almacenamiento en los dos estados de madurez estudiados siendo el 4/4 amarillo el que generó un aumento del 2.4%, mientras que el estado de madurez $\frac{3}{4}$ de amarillo solo un 8.6%, presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en tono por los estados de madurez (Figura 19).

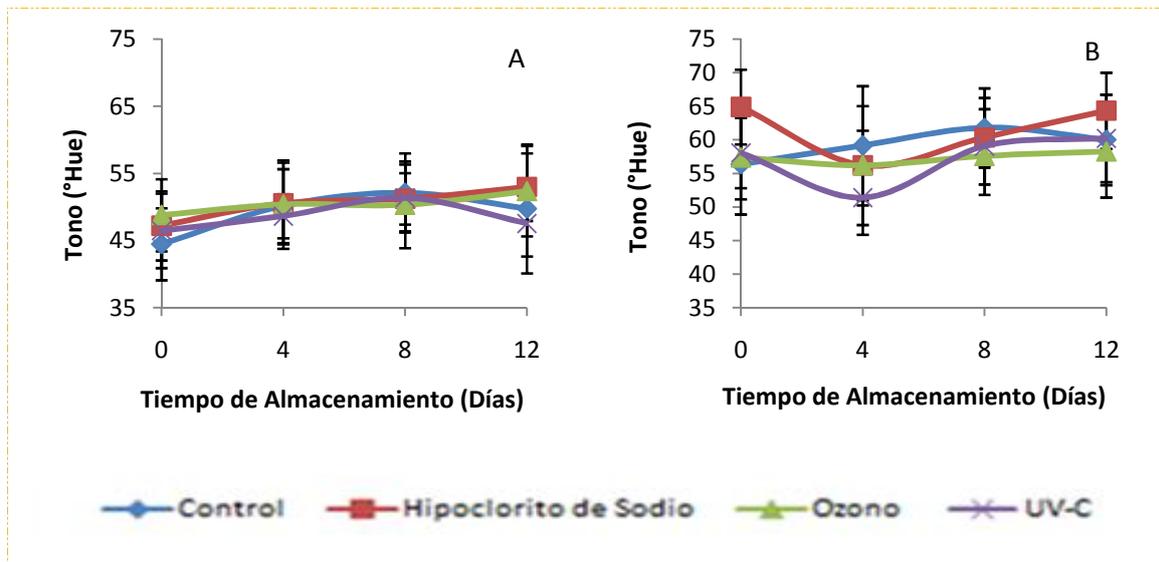


Figura 19. Efecto de diferentes métodos de desinfección en el tono de papaya 'Maradol' en dos estados de madurez, papaya 4/4 amarillo-naranja (A) y $\frac{3}{4}$ amarillo (B). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

En la Figura 19-A se observa al inicio del almacenamiento que las papayas mínimamente procesadas y desinfectadas con ozono presentaron un valor de 48.8 °Hue mayor a las desinfectadas con hipoclorito de sodio y radiación UV-C, seguido de las desinfectadas con hipoclorito de sodio con valor de 47.2 °Hue, y de 46.5 °Hue para las desinfectadas con radiación UV-C, y por último las papayas control presentaron un valor menor de 44.4 °Hue presentándose diferencia significativa en el tono de los cubos desinfectados y los no tratados. Al cuarto día de almacenamiento se presentó un

aumento en dicho parámetro, siendo las papayas sin desinfección las que presentaron un aumento mayor del 12.8%, seguidas de los desinfectados con hipoclorito de sodio con 7% en cuanto a los desinfectados con radiación UV-C presentaron un aumento del 4.5% y finalmente los desinfectados con ozono presentaron un ligero aumento del 3.3%, presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en dicho parámetro de los control y los tratados con los desinfectantes. Al final del almacenamiento los cubos desinfectados con UV-C presentaron un valor de 47.5°Hue, seguidos de los controles con 49.7 ° Hue; para los tratados con ozono presentaron un valor de 52.4°Hue y por último los que presentaron un valor mayor fueron los tratados con hipoclorito de sodio con 53°Hue. Estadísticamente los tratados con cloro presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en tono con respecto a las no tratadas (control) y los desinfectados con ozono y UV-C.

En la Figura 19-B se observa que hubo una marcada diferencia de los valores de tono entre los trozos de papaya control y los desinfectados con ozono, UV-C y 56.3°Hue, 57.3°Hue y 58°Hue respectivamente, comparados con los desinfectados con hipoclorito de sodio siendo éste el que presentó un mayor valor 64.9°Hue presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el tono de los cubos tratados y los control; en el octavo día de almacenamiento los desinfectados con ozono, radiación UV-C e hipoclorito de sodio presentaron porcentajes de 93.2, 95.5 y 97.7% respecto a los control, los desinfectados con hipoclorito de sodio y radiación UV-C presentándose diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el tono de los control y los tratados con ozono. Al término del almacenamiento las papayas que obtuvieron un valor menor fueron las desinfectadas con ozono 58.2°Hue posteriormente las papayas control con 60°Hue, seguidas de las papayas tratadas con radiación UV-C 60.2°Hue y al final las papayas tratadas con hipoclorito de sodio con 64.3°Hue. Estadísticamente hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en tono con respecto a las papayas control y las tratadas con ozono y radiación UV-C.

Los resultados antes vistos, pudieron presentar variaciones debido a que en la mayoría de los frutos, el proceso de maduración involucra la pérdida de clorofila y la síntesis de nuevos pigmentos como carotenoides y el desenmascaramiento de otros pigmentos que se han formado durante el desarrollo del fruto (Santamaría-Basulto *et.al.*, 2009).

Croma

El parámetro de cromaticidad es un término que se utiliza en la evaluación del color, el cual indica la intensidad de color presente en la muestra presentando valores de 0 a 60.

La cromaticidad (croma) de los cubos de papaya mostró una tendencia a disminuir con respecto al tiempo de almacenamiento en los dos estados de madurez estudiados encontrándose que las papayas de estado de madurez 4/4 de amarillo tuvieron un descenso de 16.9%, mientras que las de 3/4 de amarillo de 17.2% del inicio al final del almacenamiento, por lo que estadísticamente presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los estados de madurez (Figura 20).

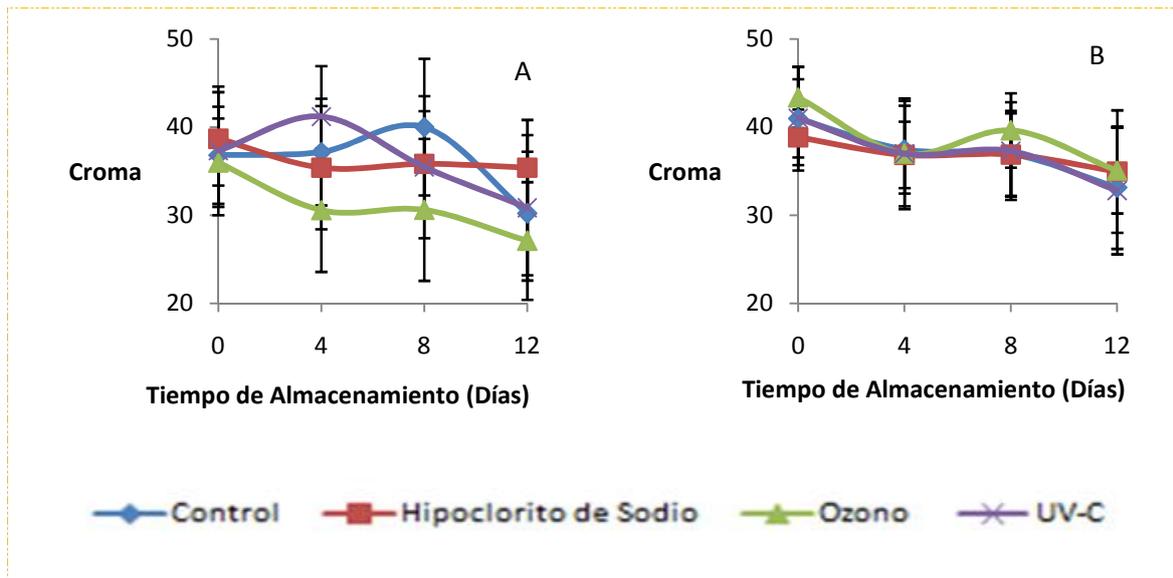


Figura 20. Efecto de diferentes métodos de desinfección en la cromaticidad de papaya 'Maradol' en dos estados de madurez, papaya 4/4 amarillo-naranja (A) y 3/4 amarillo (B). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

En la Figura 20-A se observa que la cromaticidad de los cubos del estado de madurez 4/4 amarillo presentaron una tendencia a disminuir durante el estudio, en el día cero del almacenamiento los desinfectados con ozono presentaron un croma menor de 35.9 siguiendo los control con un valor de 36.8 en cuanto a los desinfectados con radiación UV-C 37.3 y los desinfectados con hipoclorito de sodio un valor de 38.7, por lo que estadísticamente no se presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en la cromaticidad en los cubos desinfectados; en el octavo día de almacenamiento los cubos de papaya desinfectados con radiación UV-C, hipoclorito de sodio y ozono presentaron un descenso de cromaticidad de 4.8, 8.5 y 14.8% respectivamente en comparación con el control que presentó un incremento de croma en 8.7%, presentándose diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en dicho parámetro entre los cubos tratados y los no tratados (control). Al final del almacenamiento los desinfectados con ozono presentaron un valor menor de 27.1 con respecto a los otros desinfectados con radiación UV-C e hipoclorito

de sodio, presentando valores de 30.8 y 35.4 cada uno, en cuanto a los control obtuvo un valor de 30.2; estadísticamente se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en tono, de los tratados con hipoclorito de sodio con respecto a los otros tratados y el control.

En la Figura 20-B se observa que los cubos de estado de madurez 3/4 de amarillo al igual que el estado de madurez 4/4 amarillo mostraron una tendencia a disminuir en croma, al inicio del almacenamiento los desinfectados con ozono y UV-C presentaron un valor mayor en 6.11 y 0.3% respecto a los control, en cuanto a los desinfectados con hipoclorito de sodio presentaron un valor menor en 5.1% sin presentar diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en el tono de los desinfectados con respecto a los control; en el cuarto día de almacenamiento se presentó una disminución de la cromaticidad sin embargo, los cubos desinfectados mostraron valores 36.8, 36.9 y 37 para hipoclorito de sodio, ozono y radiación UV-C respectivamente en comparación de los control que presentaron un valor de 37.5, por lo que se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en dicho parámetro de los desinfectados en comparación a los control. En el último día de almacenamiento los desinfectados con radiación UV-C presentaron una disminución drástica de cromaticidad presentando un valor de 32.8, los control mostraron un valor de 33.1 seguidos de los desinfectados con hipoclorito de sodio con 34.9 y por último los desinfectados con ozono 35.1; sin embargo presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en croma, de los tratados con hipoclorito de sodio con respecto a los cubos desinfectados con ozono y UV-C y los control.

En trabajos anteriores de papaya mínimamente procesada en dos estados de madurez se reportó que los valores de croma resultaron ser iguales durante la conservación; sin embargo en el estudio realizado con mango a dos estados de madurez al inicio de su almacenamiento presentaron valores semejantes, después la croma descendió en los trozos de mango 100% maduros. En rodajas de piña 80% maduras presentaron valores superiores a los trozos 100% maduros, este comportamiento se observó solo al inicio del almacenamiento (Hernández, 2007).

Se puede concluir que los cambios de croma en el estado de madurez amarillo fueron menores a comparación del estado de madurez 3/4 de amarillo por lo que se consideró que el estado de madurez amarillo-naranja es el mejor para la producción de papaya mínimamente procesada; en cuanto a los métodos de desinfección aplicados, el croma mayor al final de almacenamiento fue el de los cubos de papaya desinfectada con hipoclorito de sodio el cual se descartó debido a que esta solución química es la comúnmente usada (Silva, 2012), seguidos de los desinfectados con radiación UV-C

que fue el mejor tratamiento de desinfección ya que presentó un comportamiento más parecido a los control, siendo estos los que no presenten un cambio en la cromaticidad (color) de los trozos de papaya lo que indica que no genera cambios importantes en el producto.

- **Pérdida de peso**

En la Figura 21-A se observa que al día 2 la papaya mínimamente procesada desinfectada con radiación UV-C tuvieron 36.9% mayor pérdida de peso en comparación con los cubos de papaya control presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la pérdida de peso entre éstas; al final del estudio, los control presentaron 2.9% mayor pérdida de peso con respecto a los desinfectados con radiación UV-C, en tanto a los desinfectados con ozono e hipoclorito de sodio mostró 25 y 33.3% menor pérdida de peso con respecto a los control. Estadísticamente no se presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en pérdida de peso.

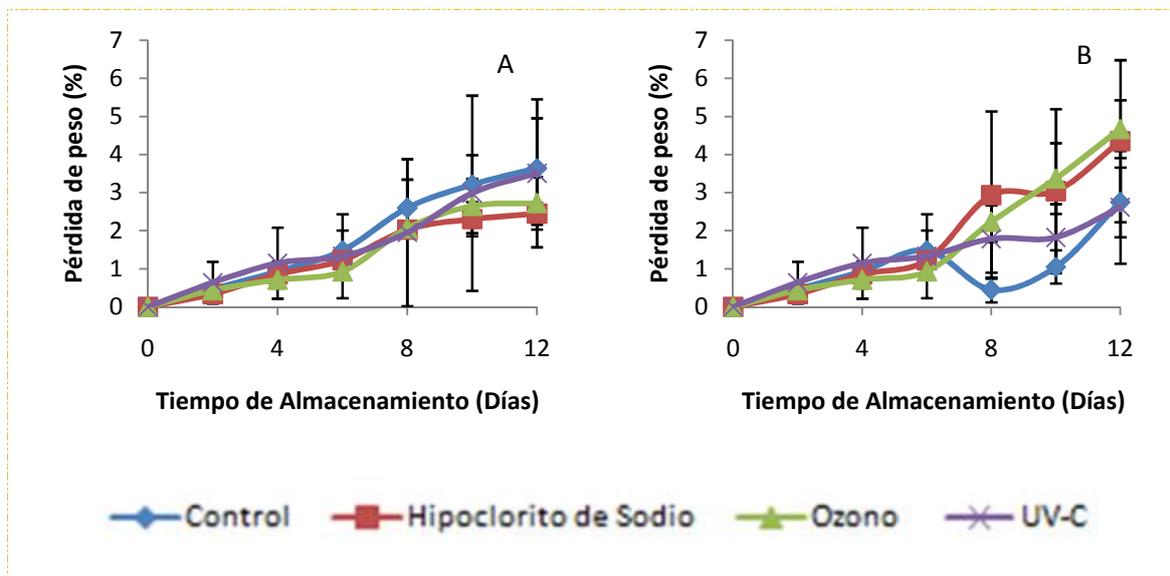


Figura 21. Efecto de diferentes métodos de desinfección en la pérdida de peso de papaya 'Maradol' en dos estados de madurez, papaya 4/4 amarillo-naranja (A) y 3/4 amarillo (B). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

Por otra parte en la Figura 21-B se observa que los cubos del estado de madurez 3/4 de amarillo en el segundo día de almacenamiento los desinfectados con hipoclorito de sodio presentaron una menor pérdida de peso de 0.34%, seguida de los desinfectados con ozono presentando un valor de 0.43%, en cuanto a los control mostraron un valor de

0.46% y los desinfectados con radiación UV-C un valor de 0.63% los que mayor pérdida de peso tuvieron, encontrándose diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en dicho parámetro, entre los desinfectados y los control. En el último día de almacenamiento los desinfectados con ozono e hipoclorito de sodio presentaron un 70.4 y 58.8% mayor pérdida de peso con respecto a los cubos control, en cuanto a los desinfectados con radiación UV-C presentaron 4.7% menor pérdida de peso comparada con los control. Estadísticamente no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en pérdida de peso de los desinfectados con respecto a los controles.

Mediante la pérdida de peso durante el estudio no se pudo definir los efectos de los tratamientos de desinfección ni el estado de madurez adecuado para el procesamiento de papaya mínimamente procesada, ya que se presentó un comportamiento similar, lo que se le atribuye a las características del empaque que se utilizó como lo es la permeabilidad (Ospina-Meneses y Cartagena-Valenzuela, 2008).

5.1.2 Parámetros fisicoquímicos de papaya mínimamente procesada con distintos tratamientos de desinfección.

- **pH**

El valor de pH indica la alcalinidad o acidez de un producto. En la Figura 22 el pH de los trozos de papaya del estado de madurez 4/4 de amarillo-naranja no mostraron una tendencia clara con respecto al tiempo de almacenamiento por el contrario los del estado de madurez 3/4 de amarillo tuvieron una tendencia a disminuir con respecto al tiempo del inicio del estudio con respecto a los 12 días de almacenamiento, por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el pH de la papaya mínimamente procesada evaluada debido al estado de madurez.

En la Figura 22-A se observa que el pH de los cubos se mantuvo constante, por lo que no hubo un cambio significativo ($p \geq 0.05$) debido a los tratamientos aplicados, sin embargo en el día 4 de almacenamiento los frutos controles presentaron un valor de 6.2, valor menor a los desinfectados siendo los tratados con ozono los que presentaron un valor mayor de 7.4, los evaluados con radiación UV-C mostraron un valor de 7.3 en cuanto a los analizados con hipoclorito de sodio presentaron un valor de 7, por lo que se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el pH de los desinfectados con respecto a

los control; al final del almacenamiento los desinfectados con radiación UV-C presentaron 1.4% menor pH en comparación con los control y los desinfectados con hipoclorito de sodio y UV-C que presentaron valores similares (7.1, 7.2 y 7.2) respectivamente, por lo que los tratados con los desinfectantes no mostraron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en el pH con respecto a los control.

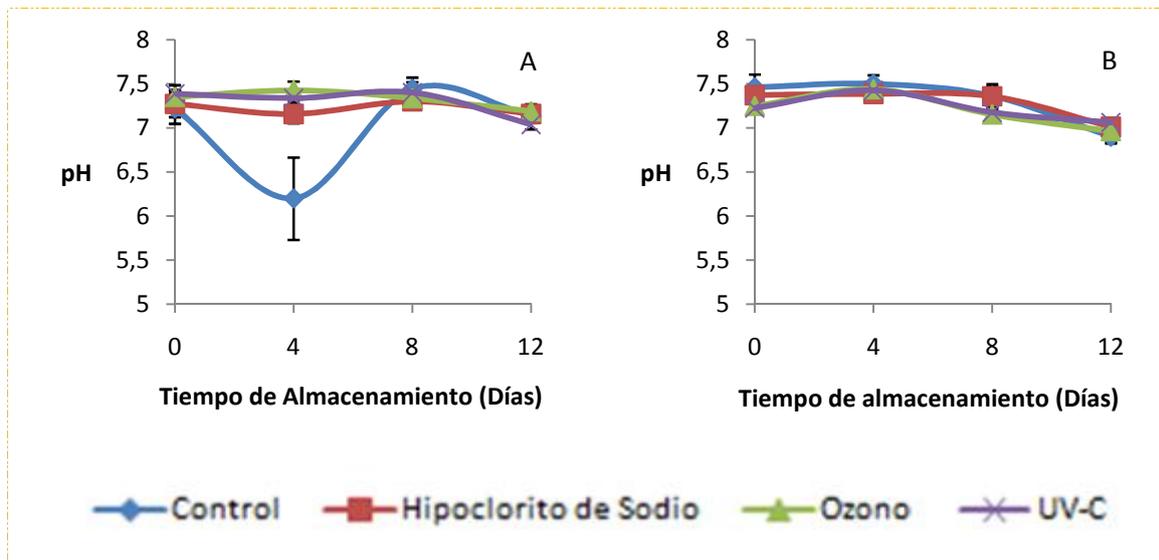


Figura 22. Efecto de diferentes métodos de desinfección en el pH de papaya 'Maradol' en dos estados de madurez, papaya 4/4 amarillo-naranja (A) y 3/4 amarillo (B). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

En la Figura 22-B se observa que los cubos del estado de madurez $\frac{3}{4}$ de amarillo presentaron una tendencia a disminuir, al inicio del almacenamiento los controles presentaron un valor de 7.5, siendo estos los de mayor pH, los tratados con hipoclorito de sodio, ozono y radiación UV-C presentaron valores de 1.2, 2.8 y 3.1% mayor pH, respectivamente en comparación con los cubos control; estadísticamente no se presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en el parámetro evaluado; en el octavo día de almacenamiento los desinfectados con ozono y UV-C presentaron 2.9 y 2.4% menor pH a los control y los desinfectados con hipoclorito de sodio los cuales mostraron valores iguales de $\text{pH}=7.36$, por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el pH entre los control y cloro, y los desinfectados con ozono y UV-C. En el último día de almacenamiento los controles presentaron un valor de 6.9 menor a los tratados con los tres métodos de desinfección (ozono, hipoclorito de sodio y UV-C), los cuales presentaron valores ligeramente mayores en 1.6, 0.9 y 2.3%, respectivamente.

Estadísticamente no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en el pH en los cubos de papaya con los métodos de desinfección y el control.

Datos arrojados por estudios realizados de Hernández (2007) con papaya, mango y piña en trozos mencionó que el pH en papaya descendió ligeramente durante el almacenamiento obteniendo valores entre 5.5 y 4.3 al inicio y al final del almacenamiento, el mango presentó un valor constante de pH, por el contrario los trozos de piña 100% madura presentaron un valor mayor al final del estudio.

Silva *et al.* (2012) realizó estudios de tratamientos sanitizantes (ozono, ultrasonido, radiación UV-C y solución de peróxido al 1 y 5%) en chile rojo, en el cual mencionaron que después de los tratamientos aplicados no presentó alteraciones en el pH.

Se puede concluir que el mejor estado de madurez de la papaya para procesarla es el estado de madurez 4/4 amarillo-naranja, ya que mantiene su pH constante durante el tiempo de almacenamiento, debido a que los tratamientos de desinfección ozono y radiación UV-C no afectaron el valor de pH durante el almacenamiento, lógicamente se descartó el uso de solución de hipoclorito de sodio; sin embargo también se descartó el uso de ozono debido a que según Rodríguez y Narciso-Fernandez (2012) presenta un elevado costo en su aplicación siendo radiación UV-C el mejor tratamiento de desinfección para papaya fresca cortada.

- **Acidez**

El contenido de acidez de los cubos de papaya de los dos estados de madurez evaluados presentaron una tendencia a aumentar con respecto al tiempo de almacenamiento, encontrándose que los de estadio amarillo tuvieron un incremento de 22.3, mientras que los de $\frac{3}{4}$ de amarillo el 36.4%, por lo que se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la acidez de los estados de madurez (Figura 23).

En la Figura 23-A se observa que el contenido de acidez en los cubos de papaya de estado de madurez 4/4 amarillo-naranja se presentó una tendencia a aumentar, en el primer día de almacenamiento los control obtuvieron un contenido bajo de ácido cítrico 0.009 mg de ácido cítrico/ g de producto, con lo que respecta a los desinfectados con radiación UV-C presentaron un valor de 16.8% menor que los desinfectados con hipoclorito de sodio y ozono los cuales presentaron un valor de 0.012 mg de ácido cítrico, al día 8 de almacenamiento los desinfectados con hipoclorito de sodio, ozono y UV-C presentaron un valor de 0.012 mg de ácido cítrico que en comparación con los

control, que tuvieron 7.7% menor acidez, por lo que no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en dicho parámetro tanto al primer día como al 8vo. día de almacenamiento. Por el contrario el día final del almacenamiento (día 12) los desinfectados con hipoclorito de sodio y ozono presentaron 25% menor acidez seguidos de los tratados con radiación UV-C, que presentaron 18.8% menos acidez en comparación con los control; presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la acidez en los desinfectados y los controles.

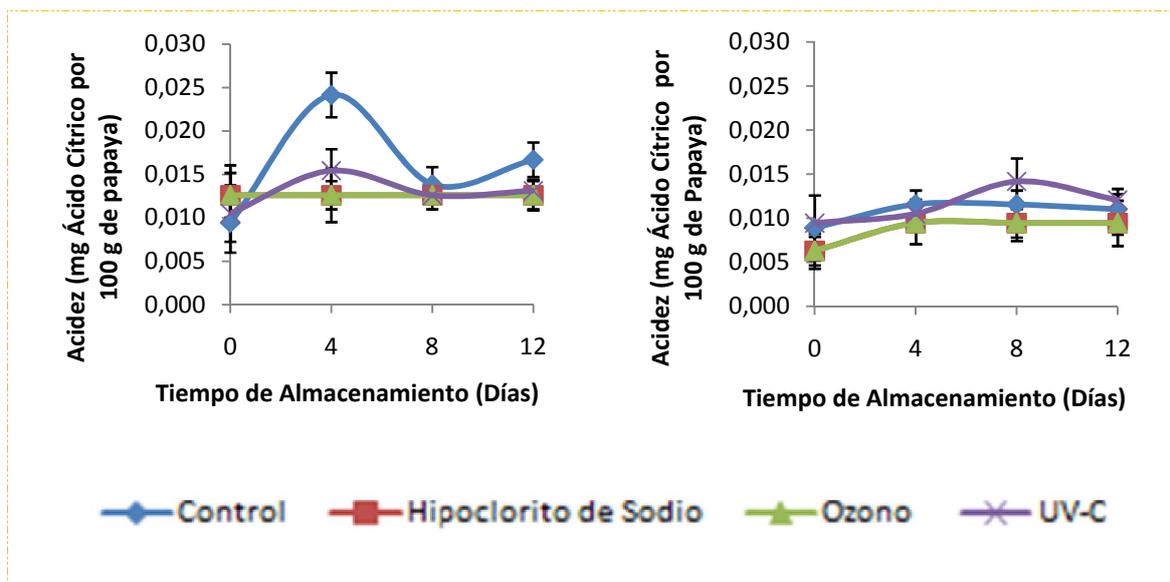


Figura 23. Efecto de diferentes métodos de desinfección en la acidez de papaya 'Maradol' en dos estados de madurez, papaya 4/4 amarillo-naranja (A) y 3/4 amarillo (B). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

En la Figura 23-B se observa que el contenido de acidez para todos los tratamientos aplicados a la papaya mínimamente procesada de estadio de madurez 3/4 de amarillo fue aumentando durante el almacenamiento. En el día 4 de almacenamiento los trozos de papaya control presentaron un contenido de acidez elevado con respecto a los tratados, siendo los desinfectados con cloro y ozono los que presentaron un valor 0.009 mg de ácido cítrico igual durante el almacenamiento, en tanto a los desinfectados con UV-C presentaron un valor de 0.01mg de ácido cítrico el cual fue menor en 9.1% con respecto a los control. En el último día de almacenamiento los cubos de papaya desinfectados con UV-C presentaron un valor 9.1% mayor en comparación a los control, en cuanto a los desinfectados con hipoclorito de sodio y ozono presentaron un valor igual de 18.2%, el cual fue menor que el de los controles. Estadísticamente tanto en el cuarto día como

al final del almacenamiento se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en acidez de los cubos desinfectados y los controles.

En estudios realizados por otros autores se demostró que la papaya con estado de madurez 100% naranja contiene una mayor acidez que la papaya con un 80% de madurez según (Hernández, 2007), también mencionó que los valores de acidez titulable fueron constantes durante 10 días de almacenamiento.

- **Sólidos solubles totales (SST)**

El contenido de sólidos solubles totales de la papaya mínimamente procesada en los dos estadios evaluados tuvieron una tendencia a disminuir con respecto al tiempo, encontrándose que los cubos de estadio $\frac{3}{4}$ de amarillo tuvieron un descenso de 1.9% y 22.7% los de estadio amarillo del inicio del almacenamiento con respecto a los 12 días de conservación, por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en los sólidos solubles de las papayas evaluadas debido al estado de madurez (Figura 24).

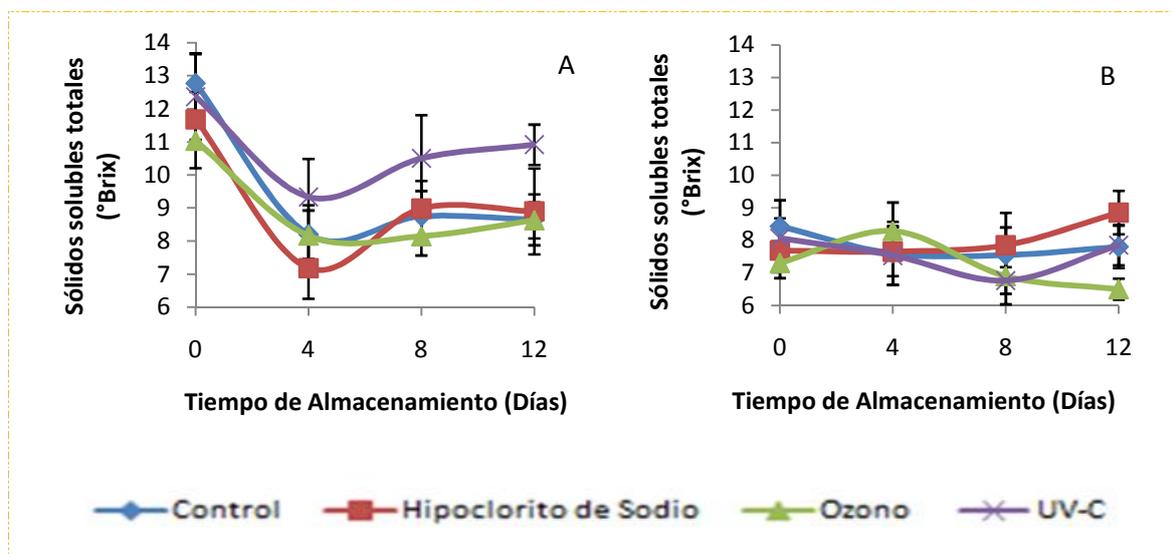


Figura 24. Efecto de diferentes métodos de desinfección en los sólidos solubles totales de papaya 'Maradol' en dos estados de madurez, papaya 4/4 amarillo-naranja (A) y $\frac{3}{4}$ amarillo (B). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

En la Figura 24-A se puede ver los cambios del contenido de sólidos solubles de los cubos de papayas de estado de madurez 4/4 de amarillo-naranja presentaron una disminución de dicho parámetro a lo largo del almacenamiento, al inicio del estudio los desinfectados con ozono, hipoclorito de sodio y radiación UV-C presentaron 14.1, 8.6 y

3.1% mayor °Brix en comparación con los control, al día 4 de almacenamiento se presentó un descenso en dicho parámetro siendo los desinfectados con UV-C los que mostraron el mayor contenido de SST (9.3 °Brix), seguidos de los controles y los desinfectados con ozono que presentaron un valor de 8.2 °Brix, los desinfectados con hipoclorito de sodio de 7.2°Brix por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en SST entre los desinfectados y los no desinfectados (control) durante todo el almacenamiento.

Sin embargo en la Figura 24-B para el estado de madurez 3/4 de amarillo los cubos desinfectados con ozono, hipoclorito de sodio y UV-C presentaron 13.1, 9.5 y 3.6% menos °Brix respectivamente, en comparación con los control los cuales presentaron un valor de 8.4°Brix, en el octavo día de almacenamiento los tratados con hipoclorito de sodio presentaron un valor 3.9% mayor que los control, en cuanto a los desinfectados con UV-C y ozono presentaron 10.5 y 9.2% menor contenido de sólidos solubles en comparación con los controles, para el último día de almacenamiento los controles presentaron un aumento del 2.6% respecto al octavo día siendo un valor de 7.8 °Brix semejante a los tratados con radiación UV-C (7.9°Brix), en cuanto a los desinfectados con hipoclorito de sodio presentaron un valor 14.1% mayor de °Brix con respecto a los controles y los desinfectados con ozono presentaron un valor 16.7% menor de sólidos solubles; presentando estadísticamente diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en los sólidos solubles, entre los tratados y los no tratados.

Algunos autores reportan el contenido de sólidos solubles de 13.2°Brix para papaya en el estado de madurez de consumo (Santamaría-Basulto,*et-al.*, 2009).

Datos reportados de papaya en trozos de dos estados de madurez el contenido de sólidos solubles descendió ligeramente en los trozos 100% maduros, sin embargo no presentó diferencia significativa entre los dos estados de madurez; se explicó el descenso en el contenido en SST por la tasa respiratoria, ligeramente mayor de los trozos de 80% de madurez después del corte de la fruta (Hernández, 2007).

El estado de madurez 4/4 amarillo-naranja fue el mejor para la obtención de papaya mínimamente procesada debido a que presentó valores más elevados con respecto a los cubos de papaya 3/4 de amarillo, lo que hace que sea más aceptable para el consumidor; en relación a los tratamientos de desinfección aplicados debido a que el estado de madurez seleccionado fue el amarillo-naranja observando el comportamiento en la Figura 24 el tratamiento de desinfección que no afectó el contenido de SST fue radiación UV-C, se comprueba su eficacia con trabajos realizados de la aplicación de

radiación UV-C en frutas y hortalizas, donde explica que la exposición a UV-C redujo la degradación enzimática de la pared celular, por lo que las enzimas fueron blanco de la irradiación UV-C para inducir proteólisis o disminuir sus síntesis novo, lo que explica el retraso de la maduración y senescencia (Rivera, *et.-al.*, 2007).

5.1.3 Parámetros nutricionales de papaya mínimamente procesada con distintos tratamientos de desinfección

- **Vitamina C**

Las frutas y hortalizas proporcionan más del 90% de vitamina C en la alimentación humana, el ácido ascórbico (vitamina C) colabora en la formación de colágeno, huesos y diente, glóbulos rojos y también favorece la absorción del hierro de los alimentos, así como la resistencia a las infecciones, además dicha vitamina posee acción antioxidante (Rosales, 2009).

El contenido en mg de ácido ascórbico de la papaya mínimamente procesada tuvo una tendencia a disminuir con respecto al tiempo de almacenamiento en el estado de madurez amarillo presentando un descenso de 15.1% y en cuanto a los cubos de papaya de $\frac{3}{4}$ de amarillo presentaron un ascenso de 11.7% con respecto a los 12 días de almacenamiento, encontrándose diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el contenido de vitamina C de los evaluadas debido al estado de madurez (Figura 25).

En la Figura 25-A al inicio del almacenamiento, se observa una disminución del contenido de vitamina C en los trozos desinfectados con UV-C, el contenido de vitamina C más alto fue el de los desinfectadas con ozono con un 6.8% más que los controles, mientras que los desinfectados con hipoclorito de sodio y UV-C presentaron 12.7 y 29.4% menor vit. C con respecto a los controles. Al cuarto día de almacenamiento los desinfectados con radiación UV-C presentaron 22.5% mayor Vit.C con respecto a los controles, en tanto a los desinfectados con hipoclorito de sodio y ozono presentaron una disminución de 3.2% y 8%, respectivamente, en comparación con los controles. Al final del estudio los cubos de papaya tuvieron una considerable disminución de vitamina C, siendo los controles los que presentaron un valor mínimo de 8.1 mg de ácido ascórbico, en cuanto a los desinfectados con hipoclorito de sodio, ozono y UV-C presentaron valores 69.1, 93.8 y 216%, respectivamente mayores en comparación con los controles, por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en

contenido de ácido ascórbico de los tratados y los control durante todo el tiempo de almacenamiento.

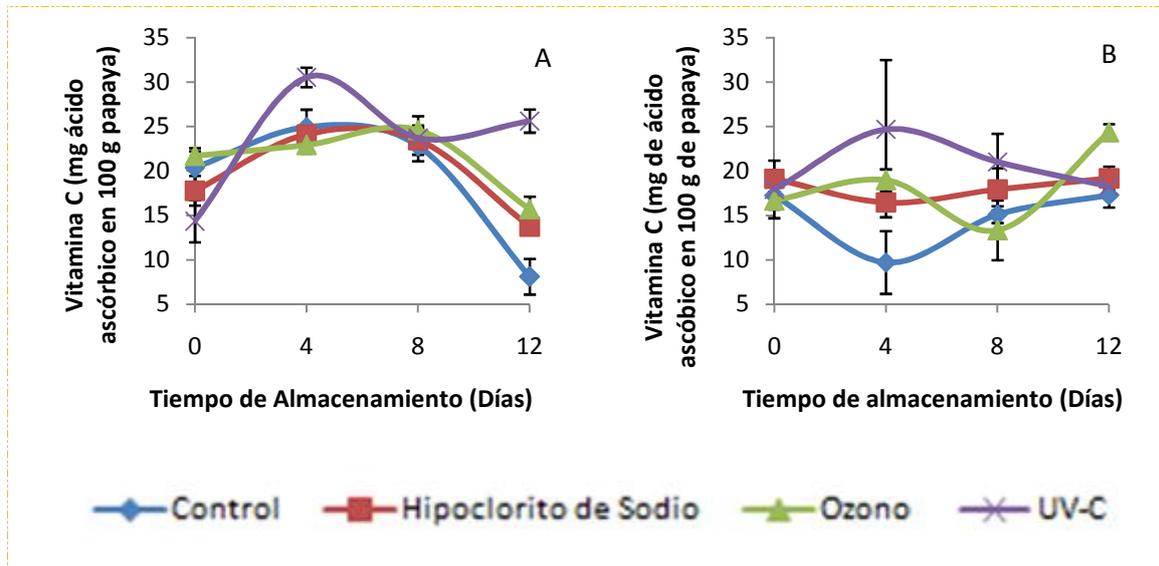


Figura 25. Efecto de diferentes métodos de desinfección en vitamina C de papaya 'Maradol' en dos estados de madurez, papaya 4/4 amarillo-naranja (A) y 3/4 amarillo (B). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

En la Figura 25-B se observa que los de estado de madurez 3/4 de amarillo presentaron una tendencia a incrementar, al inicio del estudio los desinfectados con hipoclorito de sodio y radiación UV-C presentaron un valor 10.4 y 4.1% mayor Vit.C a los controles, por el contrario los desinfectados con ozono presentaron un valor 3.5% menor al control presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en contenido de ácido ascórbico de los desinfectados con radiación UV-C con respecto a los control y los desinfectados con hipoclorito de sodio y ozono. En el día 8 de almacenamiento los tratados con ozono presentaron 11.9% menor Vit.C que los control en lo que respecta los desinfectados con hipoclorito de sodio a pesar de que presentaron una disminución en el contenido de vitamina C presentaron un valor de 18.5% mayor Vit.C con respecto a los controles, y los desinfectados con radiación UV-C tuvieron un incremento en dicho parámetro mostrando un valor de 39.1% mayor a los controles, por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) de vitamina C en los tratados con radiación UV-C con los controles y los desinfectados con hipoclorito de sodio y ozono.

Datos reportados por otros autores indican que el contenido de vitamina C en papaya fresca fue de 35.5-71.3 mg (SAGARPA, 2009). Lo que indica que el contenido de vitamina C obtenido fue ligeramente por debajo de los datos encontrados; esto debido a

la aplicación de los métodos de desinfección que pudieron haber destruido la vitamina C ya que es muy fotosensible y lábil.

El estado de madurez para la papaya fresca cortada fue el estado de madurez amarillo-naranja, ya que presentó valores más elevados que la papaya mínimamente procesada de estado de madurez $\frac{3}{4}$ de amarillo durante su almacenamiento, con respecto a los tratamientos de desinfección el adecuado fue radiación UV-C ya que presentó valores mayores en ambos estados de madurez durante el almacenamiento.

El uso de técnicas de procesado inadecuadas puede provocar pérdidas considerables del ácido ascórbico naturalmente presente en la fruta fresca. Esta vitamina se destruye fácilmente por oxidación, en especial en presencia de ciertas enzimas e iones metálicos. En las frutas sanas, el ácido ascórbico no está sometido a oxidación enzimática. Cuando la fruta se pela o se macera, la vitamina es susceptible a la oxidación por la presencia de oxígeno gaseoso y enzimas oxidantes. La aparición de un color pardo suele ser indicio de que prácticamente todo el ácido ascórbico se destruye también rápidamente al calentarlo, especialmente en presencia de luz o aire, a pH neutros (6-7). Es relativamente estable en los alimentos más ácidos. Esta es una considerable ventaja porque los productos ácidos, como el tomate y los zumos cítricos, son fuentes importantes de esta vitamina (Arthey, 1997).

Aunque muchos de los estudios sobre la irradiación de frutas y hortalizas se han orientado sobre la extensión de la vida útil de los productos tratados, algunos, sin embargo, se han realizado con el objetivo de evaluar los efectos de la irradiación sobre el valor nutritivo de las frutas y hortalizas, Según Wiley (1997), Beyers y colaboradores (1979) irradiaron 4 cultivares de mango y 2 de papayas con 0.75 kGy (kilogray) y encontraron pequeñas diferencias entre los valores de ácido ascórbico y vitamina A de las frutas irradiadas respecto de los controles (Wiley, 1997).

5.1.4 Parámetros microbiológicos de papaya mínimamente procesada con distintos tratamientos de desinfección

- **Coliformes**

El recuento de coliformes totales de los cubos de papayas tuvo una tendencia a incrementar con respecto al tiempo de almacenamiento en los dos estadios de madurez, encontrándose que los cubos de estadio $\frac{3}{4}$ de amarillo tuvieron un incremento 51.8%

con respecto a las papayas del estadio 4/4 de amarillo-naranja, sin embargo no se presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en la cuenta de coliformes en papaya de los dos estados de madurez (Tabla 17 y 18).

Tabla 17. Recuento de coliformes totales en papaya mínimamente procesada y desinfectada utilizando tres métodos de desinfección en estadio 4/4 de amarillo-naranja.

Día	Coliformes totales (UFC/g)			
	0	4	8	12
Control	NP	2×10^2	1×10^2	2.7×10^2
Hipoclorito de sodio	NP	5.8×10^2	0.6×10^2	1.1×10^2
Ozono	NP	2×10^2	0.9×10^2	1.5×10^2
UV-C	NP	1.2×10^2	1.4×10^2	2×10^2

NP=no presentó

En la Tabla 17 se muestra a partir del día 4 un crecimiento ligero de coliformes, siendo los cubos tratados con radiación UV-C los que presentaron un crecimiento de 8.7% menor con respecto a los control, los desinfectados con hipoclorito de sodio presentaron 21.7% mayor carga en comparación con los desinfectados con ozono los cuales presentaron un valor semejante a los controles de 10^2 UFC/g, por lo que se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en coliformes entre los desinfectados con radiación UV-C con respecto a los desinfectados con hipoclorito de sodio y ozono; en tanto al último día de almacenamiento los desinfectados con hipoclorito de sodio presentaron una importante disminución 16.7% en coliformes con respecto a los control, a pesar de que los desinfectados con ozono y UV-C también tuvieron 8.3 y 4.2% menor carga que los control respectivamente; estadísticamente no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en el parámetro evaluado.

En la Tabla 18 se puede observar que al inicio del estudio no hubo presencia de microorganismos coliformes pero al pasar el tiempo los cubos de papaya presentaron un incremento en la presencia de dichos microorganismos, por lo que hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en dicho parámetro, en el octavo día de almacenamiento se presentó un incremento en el crecimiento de los microorganismos siendo los desinfectados con hipoclorito de sodio los que presentaron 5.6% mayor carga en comparación a los control. Al final del almacenamiento se mostró un mayor aumento en la presencia de coliformes siendo los control y los tratados con radiación UV-C los que

presentaron un valor de 10^3 UFC/g mientras que los desinfectados con hipoclorito de sodio y ozono presentaron 7.4% menor UFC/g de coliformes con respecto a los control.

Tabla 18. Recuento de coliformes totales en papaya mínimamente procesada y desinfectada utilizando tres métodos de desinfección en estadio 3/4 de amarillo.

Día	Coliformes totales (UFC/g)			
	0	4	8	12
Control	NP	0.8×10^2	4×10^3	3×10^3
Hipoclorito de sodio	NP	1.8×10^2	2.7×10^3	1.7×10^3
Ozono	NP	2×10^2	6×10^3	1.7×10^3
UV-C	NP	1.2×10^2	3.9×10^3	3.2×10^3

NP=no presentó

De acuerdo a trabajos realizados con Achicoria mínimamente procesada se tomaron como límite para los parámetros microbiológicos en ensaladas para consumir en fresco 10^4 UFC/g (Moyano, 2009). Lo que se puede decir que la presencia de coliformes en ambos estados de madurez en los cubos de papaya se encontraron por debajo de este valor con 10^3 UFC/g para el estado de madurez amarillo-naranja y 10^4 UFC/g en el estado de madurez $\frac{3}{4}$ de amarillo. En trabajos realizados por Millán *et-al*, (2001) mencionaron que internacionalmente se ha elaborado una legislación para alimentos mínimamente procesados en donde los valores máximos para los recuentos son de 10^5 y 10^7 UFC/g.

Los tratamientos de desinfección aplicados que arrojaron valores menores de coliformes fueron ozono y radiación UV-C.

En el trabajo realizado por Olmez y Yasilcimen (2009) de aplicación de ozono en lechuga demostró que redujo la población microbiana de bacterias *Enterobacteriaceae*, como *E. coli*. En el estudio del efecto del ozono reportaron que los tratamientos aplicados con mayor concentración de ozono y mayor tiempo de contacto reducen drásticamente el contenido de patógenos y coliformes totales (Castro y Quispe, 2010).

- **Mesófilos**

La presencia de microorganismos mesófilos presentó una tendencia a incrementar en las papayas de los dos estadios de madurez, encontrándose que las papayas de estadio

4/4 de amarillo-naranja presentaron incremento de 98.9% y los de 3/4 de amarillo un 83.3%, del inicio del estudio con respecto a los 12 días de almacenamiento, sin embargo no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en mesófilos entre los métodos de desinfección (Tabla 19 y 20).

Tabla 19. Conteo de mesófilos en papaya mínimamente procesada y desinfectada utilizando tres métodos de desinfección en estadio 4/4 de amarillo-naranja.

Día	Mesófilos (UFC/g)			
	0	4	8	12
Control	NP	3.1×10^2	9.1×10^3	1.8×10^4
Hipoclorito de sodio	NP	8.4×10^2	6.2×10^3	8.8×10^4
Ozono	NP	1.6×10^2	5.4×10^3	1.2×10^5
UV-C	NP	1.4×10^2	1×10^4	1.6×10^4

NP=No presentó.

En la Tabla 19 se puede observar que el crecimiento de mesófilos en los cubos de papaya en estadio amarillo, en el día 4 del estudio, los que fueron desinfectados con radiación UV-C, ozono e hipoclorito de sodio presentaron 4, 12 y 16% mayor presencia de mesófilos en comparación con los controles; por lo que se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en mesófilos de los desinfectados con hipoclorito de sodio y los desinfectados con ozono y UV-C. En el último día de almacenamiento la presencia de microorganismos mesófilos aumentó, siendo los tratados con radiación UV-C e hipoclorito de sodio los que presentaron 16 y 2% menor de colonias de mesófilos respectivamente, en tanto a los desinfectadas con ozono mostraron un mayor valor microorganismos de mesófilos en comparación a los controles, por lo que solo hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en mesófilos de los tratados con radiación UV-C con respecto a los control y los tratados con hipoclorito de sodio y ozono.

En la Tabla 20 se aprecia que las papayas de estadio 3/4 de amarillo presentaron un valor mayor de microorganismos mesófilos en el día cuatro de 10^3 UFC/g y 10^2 UFC/g para los desinfectados con hipoclorito de sodio, ozono y UV-C, respectivamente, siendo un valor mayor a los control 10^2 UFC/g, por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en mesófilos de los control y los tratados con hipoclorito de sodio con respecto a los tratados con ozono y UV-C; al octavo día de almacenamiento todos los cubos presentaron un aumento de UFC/g siendo los desinfectados con ozono los que

presentaron 5.6% mayor de UFC/g de mesófilos con respecto a los controles que presentaron un valor de 10^4 UFC/g de microorganismos mesófilos al igual que los desinfectados con radiación UV-C y los desinfectados con hipoclorito de sodio mostraron 5.6% una menor carga de mesófilos, mostrando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en mesófilos de los control y los tratados con los desinfectantes.

Tabla 20. Conteo de mesófilos en papaya mínimamente procesada y desinfectada utilizando tres métodos de desinfección en estadio 3/4 de amarillo.

Día	Mesófilos (UFC/g)			
	0	4	8	12
Control	NP	2.6×10^3	7.9×10^4	I
Hipoclorito de sodio	NP	7.7×10^2	6×10^4	I
Ozono	NP	7.1×10^2	1.5×10^5	I
UV-C	NP	3.7×10^2	9.9×10^4	I

NP=No presentó e I=Incontables.

Sin embargo para el recuento de mesófilos aerobios se tomó como límite 10^5 UFC/g (Moyano, 2009). Los resultados obtenidos para ambos estados de madurez se encuentran por debajo de dicho valor considerando hasta el día 8 el cual se tomó como ultimo día en el cual la papaya era consumible. En base a trabajos realizados con melón mínimamente procesado Millán *et-al*, (2001) reportaron que el recuento final de mesófilos aerobios fue de entre 10^3 y 10^7 UFC/g.

En el trabajo realizado de lechuga desinfectada con ozono reportaron que el contenido final de bacterias mesófilas fue de 10^5 UFC/g (Olmez y Yesilcimen, 2009).

El método de desinfección más adecuado para la papaya fresca cortada fue radiación UV-C debido a su acción germicida y a que no presenta residuos ni afecta las características sensoriales del producto (Rodrigues y Narciso-Fernandes, 2012).

- **Mohos y Levaduras**

La presencia de microorganismos (mohos y levaduras) en los cubos de papaya tuvo una tendencia a aumentar con respecto al tiempo de almacenamiento en los dos estadios evaluados, por lo que no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en mohos y levaduras entre los estadios de madurez (Tabla 21 y 22).

Tabla 21. Conteo de mohos y levaduras en papaya mínimamente procesada y desinfectada utilizando tres métodos de desinfección en estadio 4/4 de amarillo-naranja.

Día	Mohos y Levaduras (UFC/g)			
	0	4	8	12
Control	NP	2×10^2	1×10^2	I
Hipoclorito de sodio	NP	5.8×10^2	0.6×10^2	I
Ozono	NP	2×10^2	0.9×10^2	I
UV-C	NP	1.2×10^2	1.4×10^2	I

NP=No presentó e I=Incontables.

En la Tabla 21 los cubos de estadio de madurez 4/4 de amarillo al inicio del almacenamiento no mostraron presencia de microorganismos, sin embargo en el cuarto día de almacenamiento hubo un aumento de mohos y levaduras siendo los desinfectados con hipoclorito de sodio y ozono los que presentaron 20.8 y 12.5%, respectivamente, mayor carga en comparación con los controles y los tratados con radiación UV-C un 91.7% menor recuento de mohos y levaduras por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la presencia de mohos y levaduras entre los desinfectados y los control.

En la Tabla 22 se muestran los resultados obtenidos del recuento de mohos y levaduras de los cubos de estadio $\frac{3}{4}$ de amarillo, al pasar los días mostraron un ligero incremento de dicho parámetro, encontrándose que al cuarto día del estudio los tratados con los métodos de desinfección (radiación UV-C y ozono) presentaron 19.3 y 3.2% mayores de UFC/g en mohos y levaduras en comparación a los control los cuales presentaron un valor de 10^3 UFC/g al igual que los desinfectados con hipoclorito de sodio mostrando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en mohos y levaduras entre los controles y los tratados. Al final del almacenamiento los cubos de papaya presentaron un valor elevado de al menos 10^5 UFC/g de mohos y levaduras.

En estudios realizados por Rivera *et-al.* (2007) de irradiación UV-C en alimentos mencionaron que dependiendo a las dosis aplicadas puede inhibir en 100% diferentes microorganismos, la dosis mínima para inhibir bacterias, virus, hongos y levaduras fue 10^3Kgf s^{-2} . Otros autores como Millán *et-al.* (2001) reportan límites máximos de recuentos de mohos y levaduras de 10^7 UFC/g.

Tabla 22. Conteo de mohos y levaduras en papaya mínimamente procesada y desinfectada utilizando tres métodos de desinfección en estadio 3/4 de amarillo.

Día	Mohos y Levaduras (UFC/g)			
	0	4	8	12
Control	NP	1.3×10^3	2.2×10^4	I
Hipoclorito de sodio	NP	1.2×10^3	1.6×10^4	I
Ozono	NP	9.2×10^2	1.3×10^4	I
UV-C	NP	3.4×10^2	1.3×10^4	I

NP=No presentó e I=Incontables.

El tratamiento de desinfección más efectivo fue radiación UV-C tomando en consideración que la aplicación de la irradiación UV-C ha resultado un sistema efectivo para prolongar la vida útil de frutas y hortalizas por ser letal para la mayoría de microorganismos (Rivera, *et.-al.*, 2007).

5.1.5 Apreciación visual de papaya mínimamente procesada con distintos tratamientos de desinfección durante su almacenamiento.

En la Tabla 23 se puede observar que los cubos no mostraron un deterioro durante los primeros 4 días de almacenamiento, se observa que al día 0 los controles y los tratados con los métodos de desinfección tenían características físicas normales sin mostrar síntomas de pérdida de firmeza a pesar de que el color de la papaya entera amarillo-naranja, algunas partes aún se notan ligeramente verdes.

Para el día 4 sólo se observó un ligero cambio de color de amarillo a naranja, sin presentar liberación de líquido visualmente y tampoco una apariencia de sobre madurez, para el día 8 hubo un ligero cambio de color, más notorio para el tratamiento de desinfección con hipoclorito de sodio y ozono, por otra parte el tratamiento de UV-C mantuvo el color de los trozos de papaya. Por último en el día 12 se observó el crecimiento de mohos en la superficie de los cubos de papaya, lo cual indicó que el día 8 fue el último día en el que los cubos fueron consumibles; por lo que presentaron una menor presencia de crecimiento microbiano al final del estudio fueron los tratados con radiación UV-C.

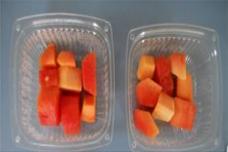
Tabla 23. Cambios de la apariencia visual en papaya ‘Maradol’ estado de madurez 4/4 de amarillo-naranja sin tratamiento de desinfección y con tratamiento de desinfección (hipoclorito de sodio, ozono y radiación UV-C) almacenados a 5 ° C por 12 días.

Día	0	4	8	12
Control				
Hipoclorito de sodio				
Ozono				
UV-C				

En la Tabla 24 se observa que debido al estado de madurez 3/4 de amarillo el color no fue muy homogéneo, pero que al paso de los días si hubo un ligero cambio de color a 4/4 amarillo-naranja.

Al inicio del estudio no presentó pérdida de estructura por la aplicación de los métodos de desinfección, sin embargo en el octavo día de almacenamiento se observa que los controles y los tratados con hipoclorito de sodio y ozono presentaron crecimiento de microorganismos en la superficie mientras que los tratados con UV-C no presentaron mohos. Se puede observar que para el día de almacenamiento 12, comenzó la aparición de crecimiento de mohos en la superficie en todas las muestras de papaya, por lo que se puede decir que la vida útil de la papaya mínimamente procesada fue menor a 12 días.

Tabla 24. Cambios de la apariencia visual en papaya 'Maradol' estado de madurez 3/4 de amarillo sin tratamiento de desinfección y con tratamiento de desinfección (hipoclorito de sodio, ozono y radiación UV-C) almacenados a 5 ° C por 12 días.

Día	0	4	8	12
Control				
Hipoclorito de sodio				
Ozono				
UV-C				

5.2 Efecto de recubrimientos a base de alginato a diferentes concentraciones en papaya 'Maradol' mínimamente procesada

5.2.1 Parámetros físicos de papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible

- **Firmeza**

El uso de recubrimientos comestibles a base de alginato y cloruro de calcio tuvo un efecto significativo en la firmeza de papaya 'Maradol' mínimamente procesada, ya que se observó que tuvieron mayor firmeza los cubos recubiertos en comparación con aquellos que no lo fueron (Figura 26), además hubo una marcada diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en las concentraciones de 0.5% de alginato (Figura 26-A) en comparación con la concentración de 0.75% (Figura 26-B); siendo la concentración de 0.5% de alginato la que presentara una mejor firmeza durante su almacenamiento.

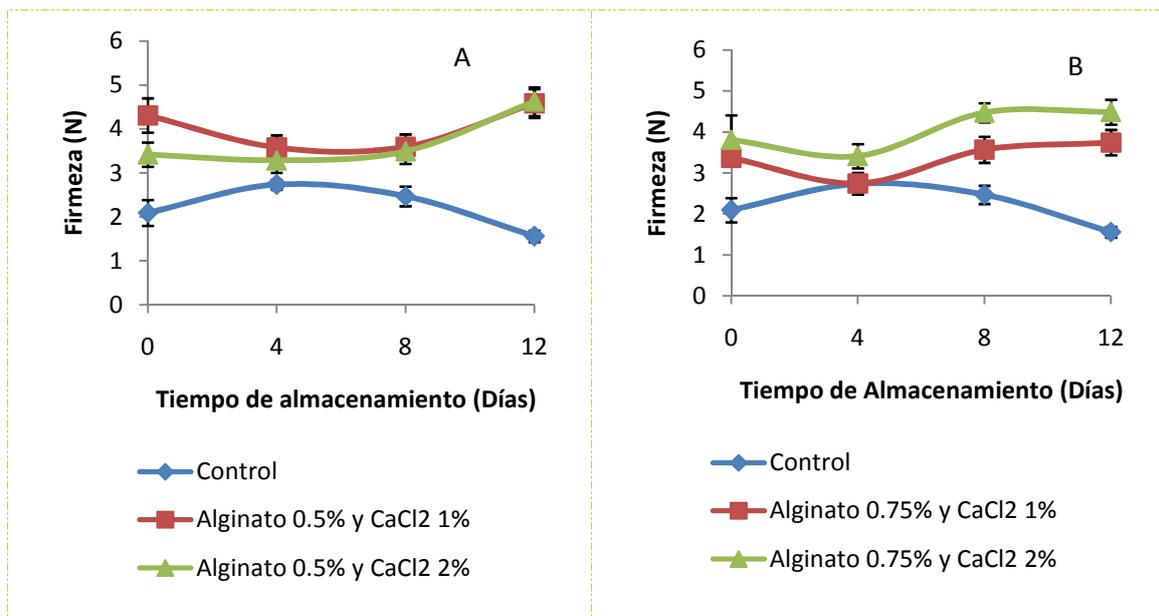


Figura 26. Cambios en la firmeza de papaya 'Maradol' mínimamente procesada con recubrimientos de alginato (A) 0.5% y (B) 0.75% y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

La firmeza de los trozos de papaya con recubrimiento tuvo una tendencia a aumentar ligeramente un 16.2% con respecto a los control (2.1 N al inicio y de 1.6 N al final del almacenamiento) los cuales presentaron una tendencia a disminuir un 23.8% durante su almacenamiento.

En la Figura 26-A al inicio del estudio los cubos con recubrimiento 0.5%Alginato y CaCl_2 (1 y 2%), presentaron un 100 y 61.9% mayor firmeza en comparación con los cubos de papaya control con un valor de 2.1 N, por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) de la firmeza de los cubos de papaya con recubrimiento con respecto a los controles, ocasionada por la diferente concentración de calcio utilizada. En el cuarto día de almacenamiento se mostró una ligera disminución de la firmeza de los cubos con recubrimiento de un 16.3 y 2.9% para 0.5%Alginato y CaCl_2 (1 y 2%) con respecto del inicio del estudio; sin embargo, los cubos controles presentaron un incremento de 28.6% en su firmeza, sin mostrar una firmeza mayor a los cubos de papaya con recubrimiento comestible. Al final del almacenamiento nuevamente los cubos de papaya con recubrimiento comestible 0.5%Alginato y CaCl_2 (2 y 1%) mostraron una mayor firmeza de 187.5% con respecto a los control (1.6 N) los cuales mostraron un descenso de 23.8% en su firmeza durante todo el estudio, presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la firmeza de las muestras.

En la Figura 26-B se puede observar que la firmeza de los cubos de papaya con recubrimiento comestible 0.75%Alginato y CaCl_2 (2 y 1%) mostraron un incremento de 18.4 y 8.8%, respectivamente, del inicio al final de su almacenamiento, por el contrario los controles mostraron un descenso de 23.8%. Al inicio del estudio las muestras con recubrimiento 0.75%Alginato y CaCl_2 (2 y 1%) presentaron 80.9 y 61.9% mayor firmeza con respecto a los controles (2.1 N), presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la firmeza de los cubos por el uso de diferente cantidad de cloruro de calcio. En el octavo día de almacenamiento se vio un incremento de 19, 18.4 y 5.9% en la firmeza de los controles y los cubos con recubrimiento comestible 0.75%Alginato y CaCl_2 (2 y 1%), respectivamente, del inicio al 8vo día de almacenamiento. Al final del estudio los cubos con recubrimiento 0.75%Alginato y CaCl_2 (2 y 1%) presentaron un 181.3 y 131.3% mayor firmeza con respecto a los controles, por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la firmeza.

La firmeza de los controles fue disminuyendo durante los 12 días de almacenamiento lo cual se debe a que durante la maduración y la senescencia se incrementa la permeabilidad de la membrana y llega a perturbar el proceso de la membrana y de la estructura celular (Arthey, Procesado de frutas, 1997).

Probablemente los recubrimientos aplicados ayudaron a mantener la firmeza debido a que estos ayudan a retener el líquido y por ende la firmeza de la fruta permanece. Según Brasil *et.-al.*, (2012) mencionaron que el incremento de la firmeza de papaya

mínimamente procesada con recubrimiento a base de quitosano, pectina y cloruro de calcio se debe al fenómeno de reticulación que en otros términos ayuda a reducir las fugas de líquido (jugo).

En trabajos realizados sobre melón mínimamente procesado con recubrimientos (alginato o gelano mas cloruro de calcio en cada uno) hicieron referencia a que la firmeza se mantiene mejor con la aplicación de dichos recubrimientos ya que el uso del cloruro de calcio ha sido reportado como que ayuda a prevenir que el producto se ablande (Oms-Oliu, 2008); mientras que Cortez-Vega *et.-al.* (2014) mencionaron que la firmeza en papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible a base de proteína, generó un aumento en la firmeza que los controles y además la disminución de la firmeza puede estar relacionada a la pérdida de masa de los cubos de papaya.

Se concluye que las concentraciones adecuadas para la obtención de papaya mínimamente procesada con recubrimiento de alginato a 0.5% y cloruro de calcio a 1%, ya que fue la que resultó con mantener la firmeza de la papaya semejante a la control.

- **Color**

Luminosidad

La luminosidad a lo largo del almacenamiento presentó un descenso en los cubos con recubrimiento de 15.9% en promedio (Figura 27-A), y de 11.6% en promedio (Figura 27-B), del inicio al final del almacenamiento, por el contrario los control presentaron un ligero aumento de 8.6% desde el inicio del estudio hasta el final; por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por la concentración de alginato de 0.5% en comparación con la concentración de 0.75% utilizadas.

En la Figura 27-A se muestra que al inicio del almacenamiento los cubos control de papaya presentaron una luminosidad de 47.6, mientras que los recubiertos con 0.5%Alginato y CaCl_2 (1 y 2%) tuvieron 17.8 y 4.8%, mayor luminosidad respectivamente, por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en luminosidad de los cubos por la concentración de cloruro de calcio utilizada. Al octavo día de almacenamiento se presentó un descenso en la luminosidad de las muestras recubiertas con 0.5%Alginato y CaCl_2 (1 y 2%) 10.7 y 5.2%, caso similar a los controles los cuales mostraron un descenso de 1.9% en su luminosidad. Al final de su almacenamiento los cubos con recubrimiento 0.5%Alginato y CaCl_2 (2 y 1%) presentaron un 16.1 y 11.8%

menor luminosidad en comparación a los controles los cuales mostraron un valor de luminosidad de 51.7; presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la luminosidad de las muestras.

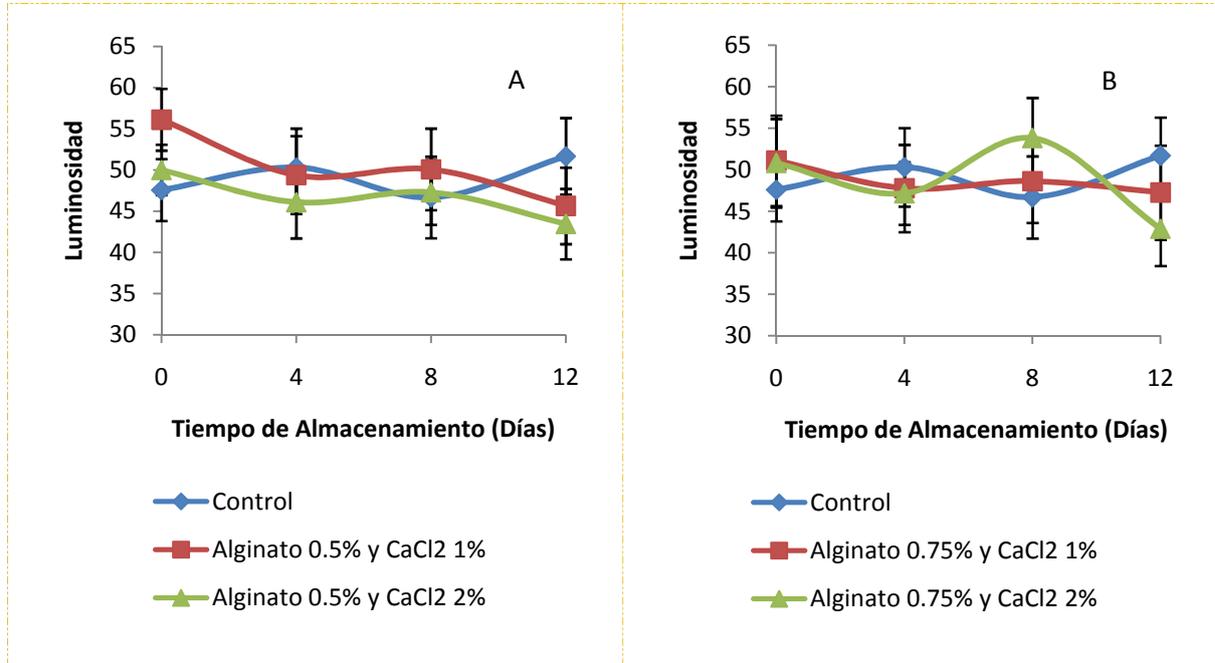


Figura 27. Cambios en la luminosidad de papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada con recubrimientos de alginato (A) 0.5% y (B) 0.75% y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

En la Figura 27-B se muestra que al día 0 la luminosidad de los trozos de papaya con recubrimiento 0.75% Alginato y CaCl₂ (1 y 2%) fue mayor en 7.6 y 6.7%, en comparación a las muestras control (47.6), mostrando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la luminosidad de los cubos controles y los cubos de papaya con recubrimiento comestible con las diferentes cantidades de cloruro de calcio. Al cuarto día de almacenamiento se presentó un descenso de la luminosidad de los cubos con recubrimiento 0.75% Alginato y CaCl₂ (1 y 2%) de un 7.3 6.7% en comparación con el muestreo anterior; por el contrario los controles presentaron un incremento de 5.7%. Al final del almacenamiento la luminosidad de los cubos con recubrimiento mostraron un 17 y 8.7% 0.75% Alginato y CaCl₂ (2 y 1%) con respecto a los controles (51.7), por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la luminosidad de los cubos de papaya.

En general la luminosidad de los trozos de la papaya con recubrimiento comestible disminuyó durante el almacenamiento, en trabajos realizados con papaya mostraron que la aplicación de recubrimientos presentó un menor brillo con respecto a la papaya control (Cortez-Vega *et-al*, 2014); de igual manera Brasil, *et.-al.*, (2012) reportaron que

la luminosidad en papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible decrece durante el tiempo de almacenamiento, el oscurecimiento en la superficie es más notorio en las papayas sin recubrimiento.

En conclusión se puede decir que las concentraciones que mantienen la luminosidad fue alginato al 0.75% y cloruro de calcio al 1%.

Tono

Durante el almacenamiento se observó que el tono de la papaya disminuyó solamente en los trozos con recubrimiento (Figura 28). Estadísticamente se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la tonalidad de los cubos de papaya recubiertos debido a la concentración de 0.5% de alginato (Figura 28-A) en comparación con la concentración de 0.75% (Figura 28-B).

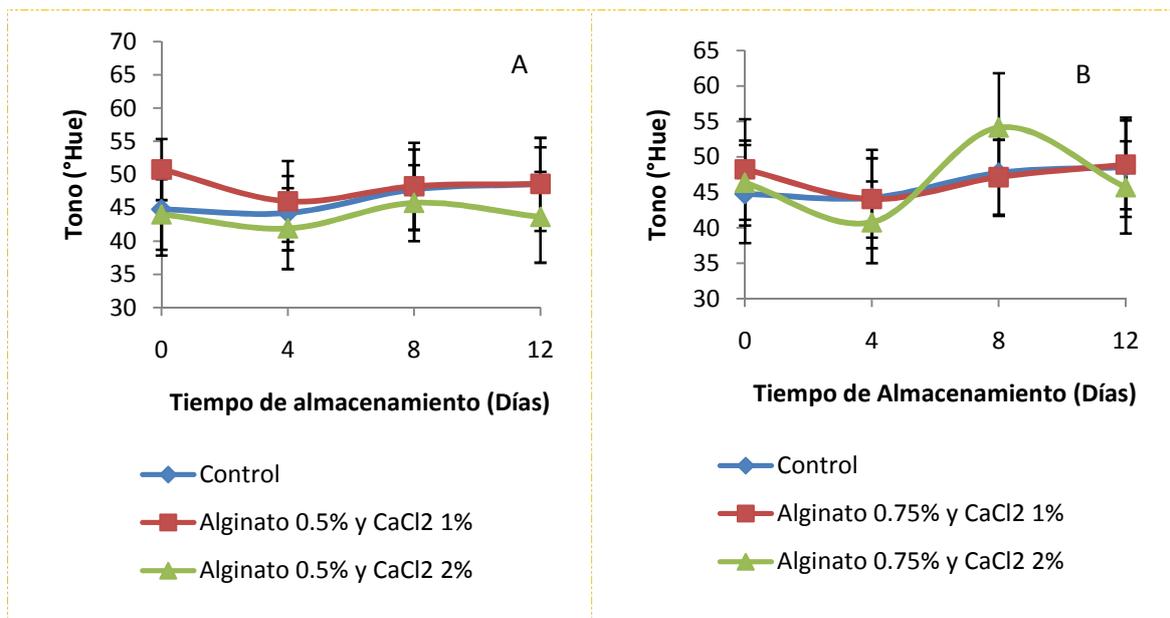


Figura 28. Cambios en el tono de papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada con recubrimientos de alginato (A) 0.5% y (B) 0.75% y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

En la Figura 28-A se muestra que al inicio de el estudio los trozos de papaya tratados con recubrimiento 0.5%Alginato y 1%CaCl₂ mostraron un tono mayor de 13.4%, por otro lado los recubiertos con 0.5%Alginato y 2%CaCl₂ presentaron menor tono 1.8% con respecto a los cubos control (44.8 °Hue), por lo que se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la tonalidad de los trozos con el uso de cloruro de calcio al 1 y 2%. Al cuarto día de almacenamiento los cubos de papaya con recubrimiento

0.5%Alginato y CaCl_2 (1 y 2%) al igual que los controles mostraron una disminución de su tonalidad de 9.6, 4.8 y 1.3%, respectivamente, del inicio al cuarto día de almacenamiento. Al final del estudio los cubos con recubrimiento 0.5%Alginato y 2% CaCl_2 presentaron un tono menor de 10.3% en comparación a los cubos control, los cuales mostraron un tono igual al de los cubos con recubrimiento 0.5%Alginato y 1% CaCl_2 , obteniendo un valor final de 48.6 °Hue en su tonalidad, mostrando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el tono de los cubos recubiertos 0.5%Alginato y 2% CaCl_2 con respecto a los controles.

En la Figura 28-B se observa que al inicio del almacenamiento los cubos de papaya con recubrimiento 0.75%Alginato y CaCl_2 (1 y 2%) mostraron un tono mayor en 7.6 y 3.3%, respectivamente, en comparación con los controles 44.8°Hue; presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el tono de los cubos por la diferente cantidad de cloruro de calcio utilizada. En el octavo día de almacenamiento los trozos con recubrimiento 0.75%Alginato y 2% CaCl_2 presentaron un 13.4% mayor tono, por el contrario los cubos de 0.75%Alginato y 1% CaCl_2 mostraron un menor tono en 1.2%, con respecto a los controles (47.7 °Hue). Al final del almacenamiento los trozos con recubrimiento 0.75%Alginato y 1% CaCl_2 obtuvieron un mayor tono en 0.8%, por el contrario los de 0.75%Alginato y 2% CaCl_2 mostraron un 5.8% menor tonalidad en comparación a los controles (48.6 °Hue), estadísticamente presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el tono de papaya mínimamente procesada. Las variaciones de los datos reportados en la tonalidad puede que se deba a la variedad del fruto.

Los valores de la tonalidad de los trozos de papaya recubiertos mostraron valores más altos que los del control al inicio del estudio, posteriormente fueron menores, esto se explica según Oms-Oliu (2008) debido a la alta deshidratación de la superficie tisular en las muestras.

El recubrimiento con alginato al 0.75 y 0.5% con cloruro de calcio al 1% mantienen la tonalidad de los trozos de la papaya durante su almacenamiento.

Cromaticidad

En cuanto a la cromaticidad se puede observar el efecto que se presentó en la papaya mínimamente procesada con recubrimientos comestibles (0.5%Alginato y CaCl_2 (1 y 2%), 0.75%Alginato y CaCl_2 (1 y 2%)) almacenada a 5°C por 12 días, así como la papaya sin recubrimiento (Figura 29); el uso de estos recubrimientos mostraron

diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la cromaticidad de los cubos de papaya por la concentración de 0.5% de alginato (Figura 29-A) en comparación con la concentración de 0.75% (Figura 29-B).

En la Figura 29-A se muestra que al inicio del estudio los cubos tratados con recubrimiento 0.5%Alginato y CaCl_2 (1 y 2 %) presentaron un croma 14.8 y 9.9% mayor que los cubos control (35.1), estadísticamente hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en croma de los recubiertos con el uso de diferente concentración de cloruro de calcio y los control. En el octavo día de almacenamiento hubo un descenso en la cromaticidad de las muestras con recubrimiento 0.5%Alginato y CaCl_2 (2 y 1%) de 16.1 y 6.9%, y los controles presentaron un 5.7%, menor croma en comparación con el inicio del estudio. Al final del almacenamiento los trozos con recubrimiento 0.5%Alginato y CaCl_2 (1 y 2%) presentaron 18.7 y 13.1% menor croma con respecto a los cubos de papaya control (33.7), por lo que presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en croma de papaya mínimamente procesada.

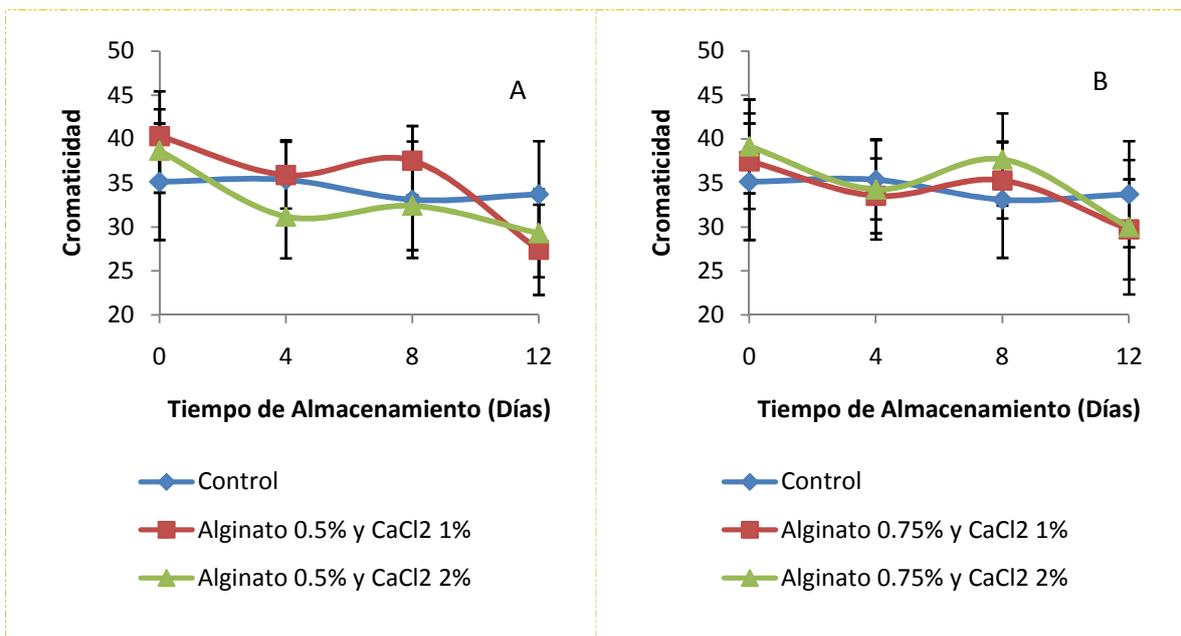


Figura 29. Cambios en la cromaticidad de papaya 'Maradol' mínimamente procesada con recubrimientos de alginato (A) 0.5% y (B) 0.75% y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

En la Figura 29-B se muestra que los cubos de papaya con recubrimiento 0.75%Alginato y CaCl_2 (2 y 1%) al inicio del estudio presentaron 11.4 y 6.8% mayor cromaticidad que los cubos control, presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en croma de los trozos de papaya por la concentración de cloruro de calcio utilizada. Al cuarto día de almacenamiento los trozos de papaya con recubrimiento 0.75%Alginato y

Ingeniería en Alimentos

CaCl₂ (2 y 1%) mostraron un descenso en el croma al 12.5 y 10.7%, por el contrario los cubos de papaya control mostraron un incremento de 0.9% con respecto del inicio del estudio. Al final del almacenamiento los trozos con recubrimiento 0.75%Alginato y CaCl₂ (1 y 2%) presentaron un 11.9 y 11.3% menor croma que los controles (33.7), por lo que estadísticamente hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la cromaticidad de los cubos de papaya.

En trabajos realizados de papaya Cortez-Vega *et-al.* (2014) mencionaron que la cromaticidad disminuyó durante el almacenamiento y la disminución de estos valores puede indicar un oscurecimiento oxidativo.

Se observó que en todas las formulaciones propuestas para el recubrimiento hay una disminución de la cromaticidad similar a los trozos de papaya control, por lo que dicho parámetro no se ve afectado por los recubrimientos aplicados y no se tomó en cuenta para poder seleccionar el recubrimiento que mejor mantuvo sus características.

- **Pérdida de peso**

Al inicio de almacenamiento no se observó pérdida para ninguno de los cubos con los recubrimientos aplicados 0.5%Alginato y CaCl₂ (1 y 2%) 0.75%Alginato y CaCl₂ (1 y 2%) (Figura 30), sin embargo al paso del almacenamiento se presentó una ligera pérdida en todos los cubos del 3.3% en promedio (Figura 30-A) y de 4.6% en promedio (Figura 30-B) durante el almacenamiento. Estadísticamente no se presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) por el uso de diferente concentración de alginato (0.5 y 0.75%).

En la Figura 30-A se muestra que al inicio del almacenamiento no se tuvo pérdida de peso, al día 2 se registró una ligera pérdida de peso en todas las muestras siendo 0.4, 0.5 y 0.7% de pérdida de peso, mostrándose que los controles obtuvieron menor pérdida de peso, seguidos de los trozos de papaya con recubrimiento 0.5%Alginato y CaCl₂ (1 y 2), estadísticamente no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en la pérdida de peso de papaya mínimamente procesada tratada con recubrimientos de alginato a una concentración de 0.5% y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%). Al sexto día de almacenamiento se observó que la pérdida de peso tuvo una tendencia aumentar siendo los cubos con recubrimiento 0.5%Alginato y 2%CaCl₂ los que mostraron una pérdida de peso mayor en 75% que los cubos control (1.2 % de pérdida de peso), por el contrario los cubos de 0.5%Alginato y 1%CaCl₂ presentaron 8.3% menor pérdida de peso. Al final del almacenamiento se siguió presentando el comportamiento a aumentar

siendo los trozos con 0.5%Alginato y 2%CaCl₂ los que mostraron una pérdida de peso mayor de 4.5%, seguidos de los controles los cuales obtuvieron 2.9% de pérdida de peso y los cubos con recubrimiento 0.5%Alginato y 1%CaCl₂ un 2.2%, del inicio al final del almacenamiento, debido a que durante el estudio se obtuvo pérdida de peso, estadísticamente no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en la pérdida de peso en los trozos de papaya.

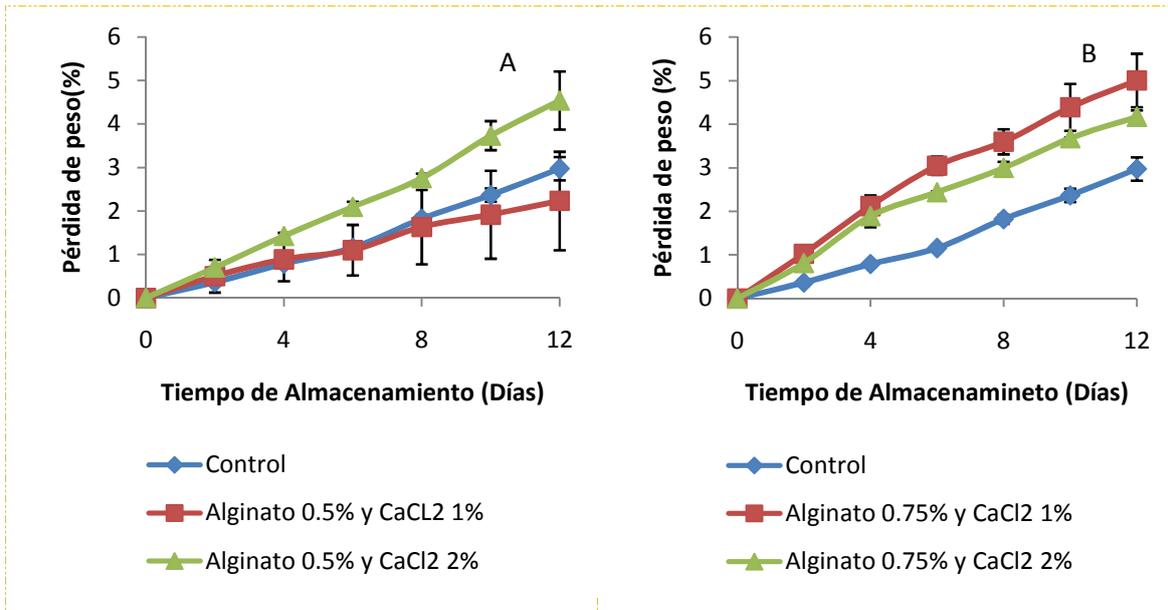


Figura 30. Cambios en la pérdida de peso de papaya 'Maradol' mínimamente procesada con recubrimientos de alginato (A) 0.5% y (B) 0.75% y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

En la Figura 30-B se observa que al inicio del estudio las muestras no presentaron pérdida de peso; sin embargo, al sexto día de almacenamiento se mostró una pérdida de peso en los cubos, siendo los cubos con recubrimiento 0.75%Alginato y CaCl₂ (1 y 2%) los que presentaron una mayor pérdida de peso en 150 y 100% con respecto a los cubos control, estadísticamente no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en la pérdida de peso de las muestras evaluadas. Al final del almacenamiento el comportamiento que se mostro fue aumentar la pérdida de peso, siendo los cubos con recubrimiento 0.75%Alginato y CaCl₂ (1 y 2%) los que mostraron un 72.4 y 41.4% mayor pérdida de peso en comparación con los controles, los que presentaran una pérdida de peso final de 2.9%; estadísticamente no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en la pérdida de peso en los cubos de papaya.

En trabajos anteriores de papaya mínimamente procesada con recubrimiento de quitosano y pectina con cloruro de calcio mencionaron que durante su estudio se

produjo una pérdida de peso hasta el final del almacenamiento (Brasil, *et.-al.*, 2012), por el contrario Azarakhsh, *et.-al.*, (2012) mencionó que para piña con recubrimiento de alginato y gelano la pérdida de peso es de 10 al 15%.

Debido a que no se tomó en cuenta la permeabilidad del envase utilizado en la prueba, no se observó si los recubrimientos aplicados ayudaron a reducir la pérdida de peso, ya que durante el almacenamiento de las muestras presentaron una pérdida de peso constante no mayor al 5%; sin embargo el recubrimiento que obtuvo una menor pérdida de peso fue alginato al 0.5% con cloruro de calcio al 1%.

- **Liberación de líquido**

En la Figura 31 se muestra la liberación de líquido que se fue presentando a lo largo de los días de almacenamiento en los trozos de papaya mínimamente procesada con recubrimientos a base de alginato y cloruro de calcio. Estadísticamente se presentó diferencia significativa en la liberación de líquido de los cubos recubiertos en comparación a los controles; el uso de recubrimientos tuvo efecto significativo en la liberación de líquido de los cubos de papaya, ya que se vio que tuvieron una menor liberación de líquido los trozos de papaya recubiertos en comparación a los que no lo fueron; así mismo hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por la concentración de 0.5% de alginato (Figura 31-A) con respecto a la concentración de 0.75% de alginato (Figura 31-B).

En la Figura 31-A se observa que al inicio del almacenamiento los trozos de papaya con recubrimiento 0.5%Alginato y CaCl_2 (1 y 2%) mostraron un 36.9 y 32.6% menor liberación de líquido con lo que respecta a los cubos control los cuales presentaron una liberación de líquido de 4.6%; estadísticamente se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la liberación de líquido en los cubos de papaya con recubrimiento 0.5%Alginato y 2% CaCl_2 con respecto a los controles. Al cuarto día de almacenamiento los trozos de papaya con recubrimiento 0.5%Alginato y 2% CaCl_2 mostraron 10% menor liberación de líquido en comparación a los controles (1%), por el contrario los cubos con recubrimiento 0.5%Alginato y 1% CaCl_2 presentaron 9% mayor liberación de líquido, estadísticamente no se presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en la liberación de líquido. Al final del almacenamiento la liberación de líquido mostró una tendencia aumentar por parte de los trozos con recubrimiento 0.5%Alginato y CaCl_2 (1 y 2%); sin embargo no mostraron una liberación de líquido mayor a los controles (3.3%),

los cubos con 0.5%Alginato y 2%CaCl₂ presentaron 9.1% menor liberación de líquido que los cubos control, los cuales mostraron liberación de líquido semejante a los cubos con recubrimiento 0.5%Alginato y 1%CaCl₂; por lo que se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la liberación de líquido de los trozos de papaya evaluados.

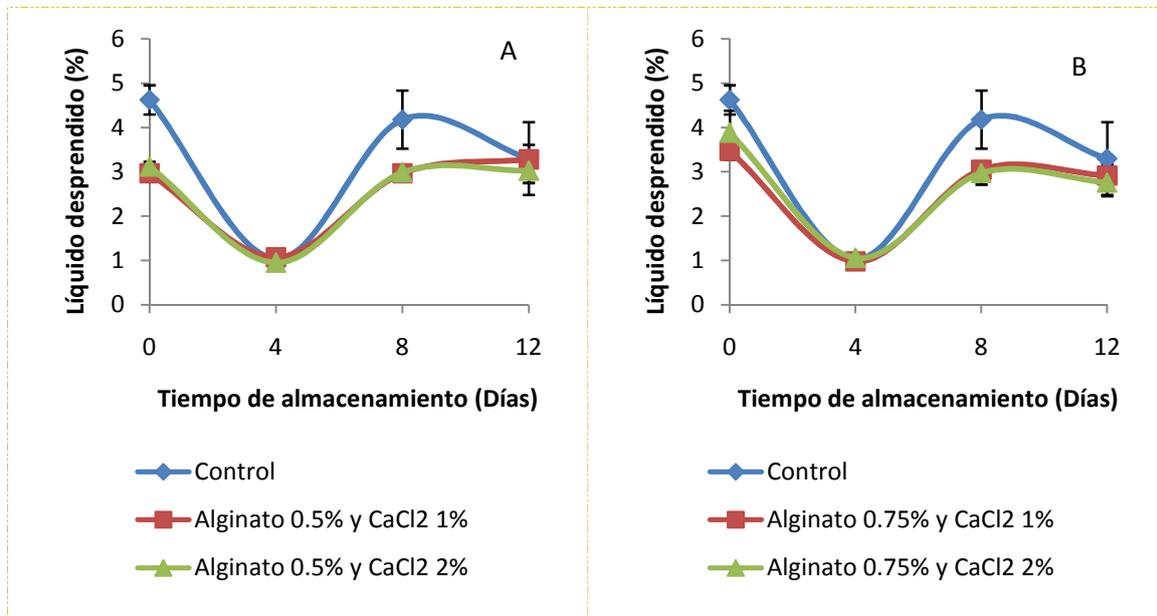


Figura 31. Cambios en la liberación de líquido de papaya 'Maradol' mínimamente procesada con recubrimientos de alginato (A) 0.5% y (B) 0.75% y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

En la Figura 31-B se puede observar que los cubos de papaya con recubrimiento 0.75%Alginato y CaCl₂ (1 y 2%) mostraron liberación de líquido de 23.9 y 15.2% menor que los controles (4.6% de liberación de líquido), al inicio del almacenamiento; estadísticamente se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la liberación de líquido. Al octavo día de almacenamiento los trozos con recubrimiento 0.75%Alginato y CaCl₂ (2 y 1%) mostraron 30.9 y 28.6% menor liberación de líquido en comparación a los controles (4.2%); al final del almacenamiento se mostró una tendencia a disminuir la liberación de líquido siendo los cubos con recubrimiento 0.75%Alginato y CaCl₂ (2 y 1%) los que presentaron 15.2 y 12.1% menor liberación de líquido con respecto a los cubos de papaya control, por lo que se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la liberación de líquido de estos, ocasionada por el uso de diferente concentración de cloruro de calcio utilizada.

Las pérdidas registradas al inicio del almacenamiento se le atribuyen a que durante el proceso de aplicación del recubrimiento las muestras fueron procesadas a una

temperatura de 10 °C, el secado fue a temperatura ambiente y al final se sometieron a 5°C por lo que al sacar las muestras para la determinación de dicho parámetro se observó una condensación ligera de agua en la superficie de las tarrinas. Cabe resaltar que a pesar de estos cambios de temperaturas el porcentaje de líquido liberado fue menor al 5% lo cual no representa una pérdida significativa como lo arrojó el tratamiento estadístico.

En trabajos anteriores de papaya se reportó que la liberación de líquido se reduce debido a la barrera creada por los polímeros usados (Brasil, *et.-al.*, 2012), por otra parte según Oms-Oliu (2008) reportó que los recubrimientos de alginato aplicados en melón tiene un mayor efecto en la prevención de la pérdida de agua.

5.2.2 Parámetros nutrimentales de papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible

- **Vitamina C**

La tendencia que se muestra en la Figura 32 es a disminuir el contenido de ácido ascórbico en los cubos con recubrimientos en los primeros días de almacenamiento, por lo que hubo un efecto significativo en el contenido de vitamina C de papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada, ya que se observó que tuvieron mayor contenido de ácido ascórbico los trozos de papaya con recubrimiento de 0.75% de alginato (Figura 32-B) en comparación con los recubiertos con 0.5% de alginato (Figura 32-A), presentándose diferencia significativa por el uso de estas concentraciones de alginato.

En la Figura 32-A se muestra que en el primer punto de muestreo (inicio del almacenamiento) los cubos con recubrimiento mostraron un menor contenido de Vit.C en un 7.9 y 6.3% para los tratados con 0.5%Alginato y CaCl₂ (2 y 1%), respectivamente con respecto a los control (25.2 mg de ácido ascórbico/100 g), presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los recubrimientos aplicados. Al octavo día de almacenamiento se presentó una tendencia a disminuir, siendo los cubos de papaya con recubrimiento 0.5%Alginato y CaCl₂ (2 y 1%) los que mostraran 12.8 y 10.8% menor contenido de vitamina C con respecto a los cubos control (19.5 mg de ácido ascórbico/100 g); al final del estudio se mostro una tendencia a disminuir por parte de los cubos con recubrimiento 0.5%Alginato y 1%CaCl₂ presentaron 20.7% y los controles de 16.9%, en lo que respecta a los cubos 0.5%Alginato y 2%CaCl₂ mostraron

un incremento de 18.2%, con respecto al 8vo día; por lo que se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el contenido de ácido ascórbico de las muestras evaluadas.

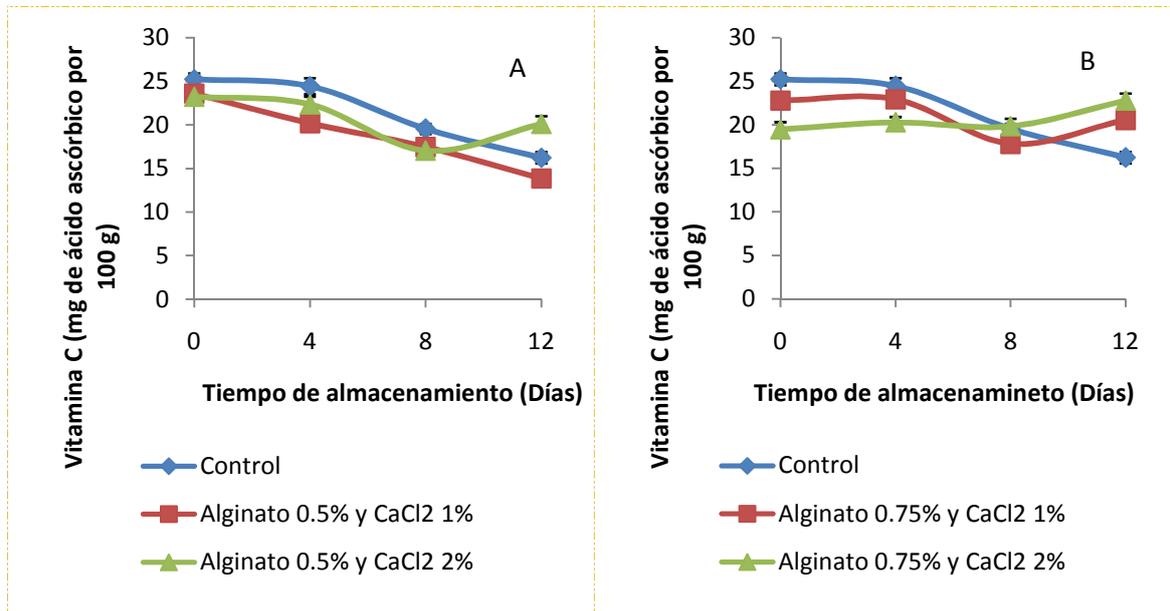


Figura 32. Cambios en la vitamina C de papaya 'Maradol' mínimamente procesada con recubrimientos de alginato (A) 0.5% y (B) 0.75% y diferente concentración de cloruro de calcio (1 y 2%). Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

En la Figura 32-B se muestra que al inicio del estudio los trozos de papaya con recubrimiento 0.75% Alginato y CaCl₂ (2 y 1%) mostraron un contenido de vitamina C menor en 22.6 y 9.5% con respecto a los controles (25.2 mg de ácido ascórbico/100 g); por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el contenido de vitamina C, por el uso de diferente cantidad de cloruro de calcio. Al cuarto día de almacenamiento los cubos controles mostraron una tendencia a disminuir el contenido de ácido ascórbico (vitamina C) en un 3.2%, por el contrario los cubos con recubrimiento 0.75% Alginato y CaCl₂ (2 y 1%) presentaron un ligero aumento de 4.1 y 0.4%, respectivamente, en el contenido de vitamina C; estadísticamente se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el contenido de ácido ascórbico. Al final del estudio se mostró una tendencia aumentar por parte de los trozos de papaya con recubrimiento comestible, siendo estos 0.75% Alginato y CaCl₂ (2 y 1%), los que presentaron 40.7 y 26.5% mayor contenido de vitamina C en comparación a los controles (16.2 mg de ácido ascórbico/100 g); por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el contenido de vitamina C.

El bajo contenido inicial de Vit. C (19 mg de ácido ascórbico/ 100g muestra) en papaya se le atribuye al tipo de proceso y las condiciones de almacenamiento de la papaya, ya

que de acuerdo a datos bibliográficos el contenido de vitamina C en papaya es de 35.5-71.3 mg (SAGARPA, 2012).

Algunos autores Brasil, *et.-al.*, (2012) argumentaron que la disminución del contenido de vitamina C se debe a la acumulación de dióxido de carbono acumulado en las muestras.

Por otra parte el recubrimiento ayuda a mantener la concentración de ácido ascórbico por más tiempo. Estudios realizados de tratamientos de desinfección con radiación UV-C reportaron que al aplicar dosis altas con este método se incrementó el contenido de vitamina C (Olaco, 2013), esto explica el incremento de este parámetro de calidad que se observa en las muestras control. Sin embargo, en estudios realizados de melón mínimamente procesado con recubrimiento a base de gelano mostraron que la aplicación de este recubrimiento retiene más el contenido de vitamina C presente en las muestras (Oms-Oliu, 2008).

5.2.3 Evaluación sensorial de papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible.

Los cambios en los parámetros sensoriales que incluyen olor, color, sabor y firmeza durante 12 días de almacenamiento mostraron en las Tablas 25, 26, 27 y 28, las cuales se reflejaron si los panelistas consumirían el producto (papaya mínimamente procesada con recubrimiento) siendo los valores de 3, 4 y 5 los que se especificaran como mejores calificaciones. Los panelistas al día 0 no detectaron sabor extraño ya que las puntuaciones obtenidas fueron similares a los controles, la mayoría de las calificaciones que se obtuvieron fue como limite consumible (calif.3).

Tabla 25. Resultados de prueba de aceptabilidad de papaya mínimamente procesada con recubrimientos comestibles a base de alginato y cloruro de calcio al día 0.

	Intensidad color	Olor	Apariencia	Sabor	Sabor extraño	Textura
Control	2,7 a	3,9 b	3,7 a	3,3 b	3,7 a	3,9 b
A-0.5% CaCl₂ 1%	3,7 b	3,1 a	3,4 a	2,8 b	4,1 a	3,6 a
A-0.5% CaCl₂ 2%	3,7 b	3,8 a	3,5 a	2,6 b	3,5 a	2,7 a
A-0.75% CaCl₂ 1%	2,7 b	3,3 ab	2,9 a	3,7 a	3,9 a	2,7 b
A-0.75% CaCl₂ 2%	2,9 b	3,5 ab	3,3 a	2,5 a	3,4 a	3,4 b

Nota: a y b explican si hay o no diferencia significativa entre las muestras, si se presenta solo a o b en una columna no hay diferencia significativa; pero si se presenta a y b en una columna si hay diferencia significativa.

En el día 0 en la Tabla 25 (uso de alginato al 0.5%) le dieron una buena calificación a la apariencia y olor (3-4), no detectaron olor extraño, en cuanto a la textura los valores fueron como límite de consumo, siendo los cubos de papaya con 0.5%Alginato y 2%CaCl₂ los que presentaron un valor inferior; estadísticamente se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en intensidad de color y en el sabor característico de la papaya, presentando un mejor sabor los cubos con 0.5%Alginato y 1%CaCl₂.

Mientras que en los trozos de alginato a 0.75% los panelistas dieron valores como límite de consumo a los tributos de intensidad de color, olor y apariencia lo cual indica que el recubrimiento aplicado no fue el adecuado para no afectar las características de la papaya, en lo que respecta al sabor extraño no se detectó; por lo que solo se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el sabor característico, siendo los cubos sin recubrimiento los que mostraran mejores calificaciones por parte de los panelistas. Estadísticamente se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en intensidad de color y en sabor característico de la papaya tanto por la diferente concentración de alginato (0.5 y 0.75%) como de cloruro de calcio (1 y 2%) usado.

Tabla 26. Resultados de prueba de aceptabilidad de papaya mínimamente procesada con recubrimientos comestibles a base de alginato y cloruro de calcio al día 4.

	Intensidad color	Olor	Apariencia	Sabor	Sabor extraño	Textura
Control	2,3 a	3,3 a	3,8 a	3,3 a	4,6 b	3,6 a
A-0.5% CaCl₂ 1%	3,5 b	3,0 a	3,9 a	2,8 a	4,5 ab	3,5 a
A-0.5% CaCl₂ 2%	4,2 b	3,5 a	3,5 a	3,3 a	4,0 ab	3,6 a
A-0.75% CaCl₂ 1%	3,3 b	3,7 a	3,5 a	3,1 a	3,0 a	3,6 a
A-0.75% CaCl₂ 2%	3,6 b	3,5 a	3,9 a	2,9 a	3,0 a	3,6 a

Nota: a y b explican si hay o no diferencia significativa entre las muestras, si se presenta solo a o b en una columna no hay diferencia significativa; pero si se presenta a y b en una columna si hay diferencia significativa.

El resultado obtenido de la prueba sensorial del día 4 (Tabla 26), se observó que en cuanto a textura, olor y apariencia de los recubrimientos aplicados en papaya se encuentran en un nivel límite de consumo; en cuanto a los recubiertos de alginato a 0.5% y 2%CaCl₂ mostraron mejor color siendo los controles los que presentaron menor intensidad de color con respecto a los tratados con los recubrimientos aplicados, estadísticamente se presentó significativa ($p \leq 0.05$) en intensidad de color, en el cual indicó que los recubrimientos aplicados generan una mejor percepción del color, por otro lado, en los cubos recubiertos con alginato a 0.75% los panelistas dieron calificación de 3-4 en los parámetros de olor, apariencia e intensidad de color, sin

embargo el sabor extraño fue como límite de consumo, lo cual indica que los panelistas pudieron detectar sabor ajeno a la papaya, siendo estos los de las concentraciones más altas 0.75%Alginato y CaCl₂ (2 y 1%), estadísticamente se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el sabor extraño e intensidad de color, debido al uso de diferente concentración de alginato (0.5 y 0.75%) y de cloruro de calcio al (1 y 2%).

Al octavo día de almacenamiento se observó que para olor, apariencia y sabor las papayas con los recubrimientos aplicados tienen una calificación buena. En la Tabla 27 (alginato a 0.5%) los panelistas detectaron una marcada diferencia entre las concentraciones del recubrimiento utilizadas las que presentaron un color naranja intenso fueron los cubos con 0.5%Alginato y 2%CaCl₂, en cuanto a olor, apariencia y textura los panelistas dieron valores de 3-4, lo cual indica que no se detectaron olores extraños y que aun la textura era firme; por lo que no se presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en la evaluación sensorial ocasionada por la diferente cantidad de cloruro de calcio utilizada. Para los cubos recubiertos con alginato a 0.75%, los parámetros evaluados intensidad de color y textura mostraron valores muy diferentes ya que para los cubos con 0.75%Alginato y 2%CaCl₂ los panelistas asignaron calificación alta (4) para ambos atributos, por el contrario los cubos con 0.75%Alginato y 1%CaCl₂ y los controles presentaron calificaciones como límite de consumo; estadísticamente solamente se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la intensidad de color de las muestras.

Tabla 27. Resultados de prueba de aceptabilidad de papaya mínimamente procesada con recubrimientos comestibles a base de alginato y cloruro de calcio al día 8.

	Intensidad color	Olor	Apariencia	Sabor	Sabor extraño	Textura
Control	3,0 a	3,7 a	3,6 a	2,5 a	3,9 a	2,4 a
A-0.5% CaCl₂ 1%	2,5 a	3,5 a	3,5 a	2,8 a	3,0 a	3,2 ab
A-0.5% CaCl₂ 2%	3,7 a	3,2 a	3,4 a	3,2 a	3,1 a	3,5 ab
A-0.75% CaCl₂ 1%	2,8 b	3,0 a	3,8 a	3,2 a	3,2 a	2,9 b
A-0.75% CaCl₂ 2%	4,2 b	3,2 a	3,5 a	2,8 a	3,7 a	3,8 b

Nota: a y b explican si hay o no diferencia significativa entre las muestras, si se presenta solo a o b en una columna no hay diferencia significativa; pero si se presenta a y b en una columna si hay diferencia significativa.

En el último análisis sensorial (día 12) se observó que los parámetros medidos de intensidad de color, olor, apariencia, sabor y textura se encuentran en valores límite como consumo sin presentar diferencia significativa ($p \geq 0.05$), y se presentó una notoria

calificación global de 4 (alta) en sabor extraño en las papayas con alginato al 2% (Tabla 28).

Tabla 28. Resultados de prueba de aceptabilidad de papaya mínimamente procesada con recubrimientos comestibles a base de alginato y cloruro de calcio al día 12.

	Intensidad color	Olor	Apariencia	Sabor	Sabor extraño	Textura
Control	3,5 b	3,5 a	3,5 a	3,0 a	5,0 b	2,8 a
A-0.5% CaCl₂ 1%	2,5 a	3,5 a	4,3 b	3,8 b	3,8 a	3,5 b
A-0.5% CaCl₂ 2%	3,8 a	3,3 a	3,8 b	3,5 b	5,0 a	3,5 b
A-0.75% CaCl₂ 1%	3,8 c	3,0 a	4,3 b	3,5 b	4,0 a	3,3 b
A-0.75% CaCl₂ 2%	4,0 c	3,3 a	4,3 b	3,5 b	3,5 a	3,5 b

Nota: **a, b** y **c** explican si hay o no diferencia significativa entre las muestras, si se presenta solo **a** o **b** o **c** en una columna no hay diferencia significativa; pero si se presenta **a, b** y **c** en una columna si hay diferencia significativa.

En cuanto a los trozos de papaya con recubrimiento de alginato a 0.5% se observa que aun las calificaciones asignadas por los panelistas fueron aceptables (3-4); sin embargo, en intensidad de color los cubos de papaya con recubrimiento 0.5%Alginato y 1%CaCl₂ obtuvieron una marcada diferencia en comparación a los controles obteniendo una calificación menor, en lo que respecta a los demás parámetros la calificación global fue muy buena. Para los cubos recubiertos con alginato a 0.75%, los valores que se reportaron por parte de los panelistas fueron la mayoría como límite de consumo, en el caso de apariencia se le dio una calificación alta (4), en cuanto a sabor extraño los panelistas detectaron un sabor extraño en los cubos de papaya 0.75%Alginato y 2%CaCl₂ ya que le asignaron un valor inferior a 4. Estadísticamente se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la intensidad de color de los cubos de papaya tanto por la concentración de alginato (0.5 y 0.75%) como de cloruro de calcio (1 y 2%) utilizada.

La encuesta a los consumidores no se llevó a cabo al final del almacenamiento (16 días) por razones microbiológicas, ya que presentaron una presencia de levaduras en la superficie de los trozos de papaya.

En general se puede decir que la aplicación de los recubrimientos comestibles en la papaya mínimamente procesada ayudó a mantener sus características sensoriales, sin embargo las concentraciones que resultaron tener mayor aceptabilidad fueron las de alginato al 0.5% con cloruro de calcio al 1% ya que esta concentración no presentó el sabor amargo que percibían los panelistas en los demás recubrimientos aplicados,

además de que la menor concentración de alginato no dejó una capa gruesa de recubrimiento como lo expresaron en las pruebas sensoriales.

5.2.4 Parámetros microbiológicos de papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible

- **Coliformes**

Al inicio del almacenamiento no se mostró presencia de microorganismos coliformes en ninguno de los trozos de papaya, por otra parte en el último día de almacenamiento todos los cubos presentaron un aumento en el contenido de coliformes sin embargo las papayas con recubrimiento 0.75%Alginato y 1%CaCl₂, 0.5%Alginato y CaCl₂ (2 y 1%), y 0.75%Alginato y 2%CaCl₂ presentaron un ligero aumento de 73.3, 60, 46.7 y 13.3%, respectivamente, más contenido de microorganismos coliformes con respecto a la papaya control (0.3×10^2 UFC/g); sin presentar diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en la carga microbiana entre los recubrimientos aplicados. Se puede mencionar que al final del almacenamiento el promedio del conteo fue de 2 log a lo largo del almacenamiento (Tabla 29).

De acuerdo a trabajos realizados con Achicoria mínimamente procesada se tomaron como límite para los parámetros microbiológicos en ensaladas para consumir en fresco 10^4 UFC/g (Moyano, 2009), por otra parte Cortez-Vega *et.-al*, (2014) no detectó la presencia de microorganismos coliformes totales, en papaya mínimamente procesada.

Tabla 29. Recuento de coliformes totales en papaya mínimamente procesada con recubrimientos comestibles a base de alginato y cloruro de calcio.

Día	Coliformes totales (UFC/g)		
	0	8	12
Control	NP	0.5×10^2	0.3×10^2
A0.5C1%	NP	0.2×10^2	1.6×10^2
A0.5C2%	NP	0.4×10^2	2×10^2
A.75C1%	NP	0.5×10^2	4.4×10^2
A.75C2%	NP	0.4×10^2	0.5×10^2

NP= No presentó

El crecimiento de microorganismos coliformes no fue muy elevado durante su almacenamiento, lo cual indica que durante el proceso de elaboración se tomaron las

medidas necesarias para no contaminar los trozos de papaya; sin embargo, en dicho parámetro (presencia de coliformes totales) no se pudo evaluar el efecto del uso de recubrimientos en trozos de papaya ya que como se observa en la Tabla 25 hay un crecimiento similar en todos los recubrimientos aplicados, la presencia de coliformes totales solo se evaluó para determinar si el producto es apto para el consumo o en otros términos si está contaminado con microorganismos patógenos que generan una enfermedad a los panelistas o al consumidor.

- **Mesófilos**

Al inicio del estudio no se detectó presencia alguna de microorganismos mesófilos en las muestras de papaya, al octavo día se mostró una tendencia a aumentar en el recuento de microorganismos mesófilos siendo los cubos con recubrimiento con 0.5%Alginato, CaCl₂ (2 y 1%) y 0.75%Alginato con 1%CaCl₂, las que presentaron un menor número de microorganismos en un 85.7, 87.7 y 28.6%, respectivamente en comparación a los control (0.7×10^2 UFC/g) y las recubiertas con 0.75%Alginato y 2%CaCl₂ presentaron un 28.6% mayor contenido de microorganismos mesófilos, al final del almacenamiento se presentó una tendencia a aumentar, siendo los cubos de papaya con recubrimiento 0.75%Alginato y 2%CaCl₂ los que mostraran 14.3% menor contenido de mesófilos aerobios. Estadísticamente no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en la cantidad de mesófilos cuantificados (Tabla 30).

Tabla 30. Contenido de mesófilos en papaya mínimamente procesada con recubrimientos comestibles a base de alginato y cloruro de calcio.

Día	Mesófilos (UFC/g)		
	0	8	12
Control	NP	0.7×10^2	0.7×10^2
A0.5C1%	NP	0.1×10^2	2.6×10^2
A0.5C2%	NP	0.1×10^2	5.7×10^2
A.75C1%	NP	0.9×10^2	3.4×10^2
A.75C2%	NP	0.5×10^2	0.6×10^2

NP=No presentó.

El contenido de microorganismos se puede atribuir a la variación de temperaturas que se dió durante el almacenamiento ya que no se pudo mantener la misma temperatura de

almacenamiento durante dicho tiempo (12 días). Sin embargo, al final del almacenamiento la presencia de mesófilos es inferior a datos reportados por otros autores de productos mínimamente procesados como Moyano (2009) que presentó para el recuento de Aerobios mesófilos como límite 10^5 UFC/g, por otra parte en estudios realizados sobre melón con recubrimiento de alginato o pectina excedieron 7 log UFC/g al final de su almacenamiento (Oms-Oliu, 2008). Por otra parte Millán *et.-al.*, (2001) reportan que en países como en Francia, se ha elaborado una legislación para alimentos mínimamente procesados que establece recuento máximos entre 10^5 y 10^7 UFC/g en los productos, al momento de cumplirse la fecha de vencimiento.

Se puede decir que el crecimiento microbiano de mesófilos en todas las muestras con recubrimiento y sin recubrir, fue bajo (10^5 UFC/g como máximo), lo cual dió la seguridad de poder consumir los trozos durante su almacenamiento.

- **Mohos y Levaduras**

Al inicio del almacenamiento los trozos de papaya con y sin recubrimientos no mostraron presencia de mohos y levaduras. Al octavo día de almacenamiento se presentó una tendencia a aumentar en todos los trozos, siendo los recubiertos con 0.5%Alginato y 1%CaCl₂, 0.75%Alginato y CaCl₂ (2 y 1%) los que presentaron un recuento mayor en 450 y 100% para los últimos dos recubrimientos con respecto a los control (0.2×10^2 UFC/g), por el contrario los tratados con 0.5%Alginato y 2%CaCl₂ mostraron un 75% menor contenido de mohos y levaduras; mostrando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) solamente entre las concentraciones de alginato utilizadas para el recubrimiento (Tabla 31).

Tabla 31. Recuento de mohos y levaduras en papaya mínimamente procesada con recubrimientos comestibles a base de alginato y cloruro de calcio.

Día	Mohos y Levaduras (UFC/g)		
	0	8	12
Control	NP	0.2×10^2	4.2×10^3
A0.5C1%	NP	0.4×10^2	4.2×10^3
A0.5C2%	NP	0.05×10^2	9.8×10^3
A.75C1%	NP	1.1×10^2	1.8×10^4
A.75C2%	NP	1.1×10^2	6.8×10^3

NP= No presentó.

Al igual que en los mesófilos, la variación de la temperatura de almacenamiento propicio el crecimiento de mohos y levaduras en las muestras ya que estos microorganismos se proliferan a temperaturas cercanas a la temperatura ambiente y donde hay carbohidratos disponibles para su reproducción.

En estudios realizados de papaya Brasil, *et-al.*, (2012) reportaron que el uso de recubrimientos comestibles de múltiples capas fueron efectivas a la inhibición de Mohos y levaduras así como a microorganismos psicrófilos y aerobios. En trabajos anteriores de melón mínimamente procesado Millán *et-al.*, (2001) mencionan que los recuentos máximos que se obtuvieron fue de 10^7 UFC/g al final de su almacenamiento de 16 días.

5.2.5 Apreciación visual de papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible durante su almacenamiento.

En la Tabla 32 se muestran las imágenes de la aplicación de recubrimientos comestibles a base de alginato más cloruro de calcio a diferentes concentraciones en las papayas mínimamente procesadas, durante 16 días de almacenamiento. Durante el estudio se observó que los recubrimientos aplicados fueron efectivos en cuanto a que presentaron un buen aspecto y no se observó un exceso de líquido liberado ni daño alguno en la superficie de los trozos de papaya; sin embargo, al octavo día del almacenamiento las papayas con recubrimiento presentaron una superficie con apariencia seca y los recubrimientos con la concentración alta de alginato mostraron una capa gruesa del recubrimiento.

Al final del almacenamiento se observó una mal apariencia ya que todos los trozos de papaya mostraron índices de crecimiento microbiano de levaduras ya que se observaron pequeños puntos blancos en la superficie de las papayas.

Brasil, *et-al.*, (2012) mencionaron que en base a sus resultados obtenidos de recubrimiento en papaya recomienda el uso de recubrimientos antimicrobianos de varias capas en frutas frescas cortadas para el aumento de la vida útil y minimizar las pérdidas de calidad.

Tabla 32. Cambios en la apariencia visual de papaya mínimamente procesada con recubrimiento comestible a base de alginato más cloruro de calcio a diferentes concentraciones, almacenadas a 5°C durante 16 días.

Día	Control	Alginato 0.5% CaCl ₂ 1%	Alginato 0.5% CaCl ₂ 2%	Alginato 0.75% CaCl ₂ 1%	Alginato 0.75% CaCl ₂ 2%
0					
4					
8					
12					
16					

5.3 Comparación del efecto del uso de atmósferas modificadas en los parámetros de calidad de la papaya 'Maradol' mínimamente procesada.

5.3.1 Parámetros físicos de papaya mínimamente procesada en atmósferas modificadas (activa y pasiva)

- Firmeza

La firmeza de los cubos de papaya en atmósfera activa (AA) presentó una tendencia a disminuir en 49.1% desde el inicio hasta el final del almacenamiento, por el contrario los de atmósfera pasiva (AP) presentaron un aumento de 57.7% en firmeza (Figura 34).

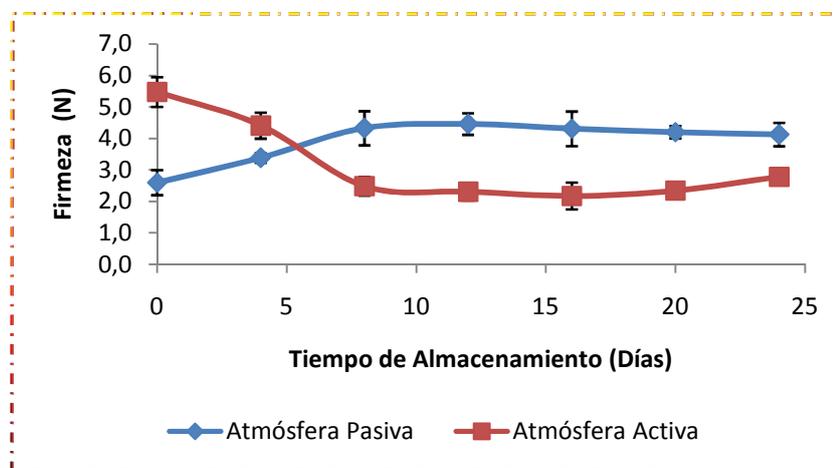


Figura 34. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en la firmeza de papaya mínimamente procesada. Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

Al inicio del estudio los trozos de papaya presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) ya que los de AP presentaron una menor firmeza en un 52.7% respecto a los de AA los cuales mostraron una firmeza mayor de 5.5N; al octavo día de almacenamiento se presentó un cambio importante siendo los trozos de papaya en atmósfera pasiva los que mostraron una firmeza mayor en un 72% con respecto a los de atmósfera activa por lo que continuo la diferencia significativa ($p \leq 0.05$) de la firmeza entre las atmósferas aplicadas. Al final del almacenamiento los trozos de papaya con recubrimiento mostraron un 46.4% mayor firmeza en comparación a las muestras en atmósfera activa las cuales presentaron una firmeza final de 2.8N.

El resultado de que la atmósfera pasiva haya sido mayor, se puede deber a lo reportado por Oms-Oliu (2008) mencionó que el uso de cloruro de calcio y alginato ayudó a mantener principalmente la firmeza de la fruta ya que el calcio puede ser utilizado como agente endurecedor para los tejidos de la fruta desde que reacciona con ácido

péctico en la pared celular hasta formar pectato de calcio y unirse a la pared celular. Por otra parte Rivera, *et.-al.*, (2007) mencionó que la exposición a UV-C reduce la pérdida de firmeza en frutos relacionado con la inactivación de enzimas de degradación de pared celular.

- **Color**

Luminosidad

La luminosidad de las muestras de papaya presentaron una tendencia a aumentar ligeramente a lo largo del almacenamiento mostrando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la luminosidad entre las muestras de AA debido a que se observó una luminosidad mayor de 15% con respecto a las muestras con recubrimiento (Figura 35).

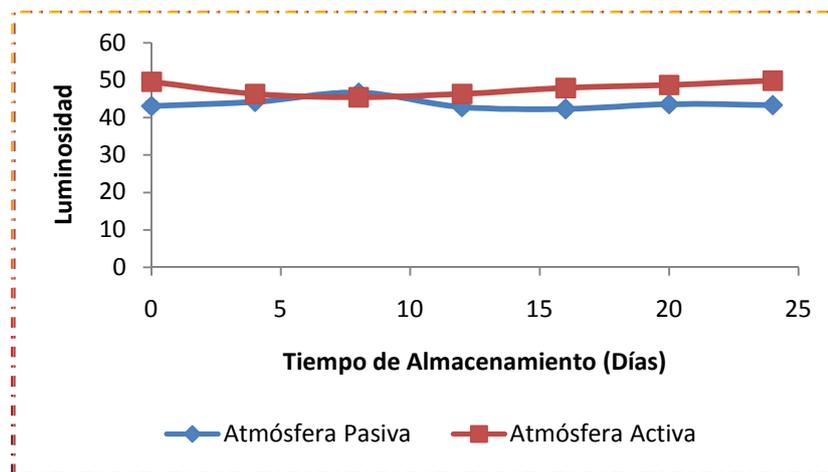


Figura 35. Efecto de la aplicación de atmósfera pasiva y activa en luminosidad de papaya mínimamente procesada. Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

Al inicio del estudio las muestras en AP presentaron 13.1% menor luminosidad en comparación de las muestras en atmósfera activa, al doceavo día los trozos de papaya en atmósfera activa mostraron 8.2% mayor luminosidad con respecto a los trozos con recubrimiento; al final del almacenamiento se observó el mismo comportamiento. En estudios realizados por Brasil, *et.-al.*, (2012) reportaron que los valores de luminosidad de papaya con recubrimiento disminuyeron a lo largo del almacenamiento. Los ligeros cambios en la luminosidad se pueden atribuir a que las muestras que se tomaron de papaya no fueron de una muestra (la misma papaya).

El efecto que generó el uso de un recubrimiento fue la obtención de una luminosidad mayor debido a que el recubrimiento es parecido a un plástico brillante, y como la luminosidad es la medida de la brillantez, los trozos de papaya con recubrimiento obtienen una mejor luminosidad.

Tono

La tonalidad de los cubos de papaya fue decreciendo 0.9 y 6.7% en atmósfera pasiva y activa, respectivamente durante su almacenamiento; sin embargo no se presentó diferencia significativa ($p \geq 0.5$) en el tono entre las muestras (Figura 36).

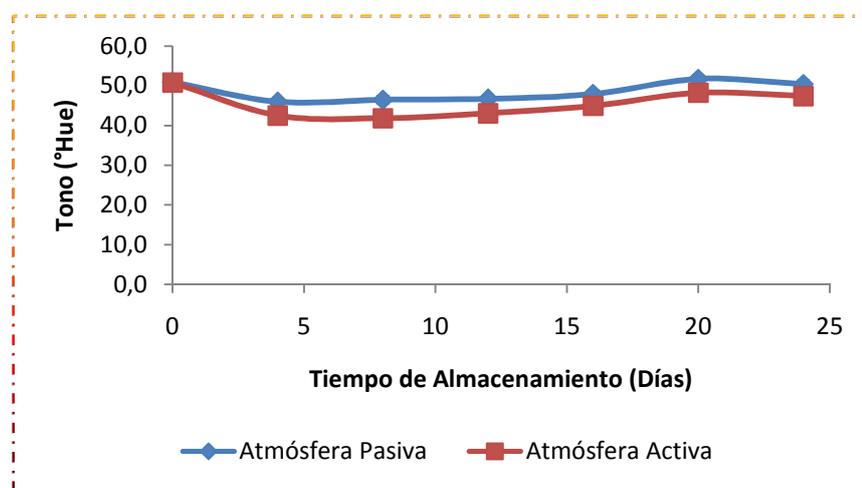


Figura 36. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en el tono de papaya mínimamente procesada. Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

Inicialmente los trozos de papaya mostraron un tono igual en ambos casos (atmósfera activa y pasiva), sin embargo, a partir del cuarto día se marcó una diferencia entre las muestras siendo las de AP las que presentaron 8.2% mayor que las de AA. Al día 20 de almacenamiento se mostró el mismo comportamiento que al 4to día presentando las muestras de AA un 6.6% menor tonalidad que las muestras de AP.

La AP es mayor que la AA debido al efecto que generó el uso del recubrimiento al cuarto día cuando el recubrimiento no se notaba en la superficie, la cual presentó un color naranja (intenso), diferente a los trozos de AA los cuales mostraron un tono menor (naranja).

Croma

La cromaticidad de los trozos de papaya de AP y AA fue disminuyendo con respecto al tiempo de almacenamiento un 30.6 y 3.3% respectivamente, siendo las muestras de AA las que presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el croma (Figura 37).

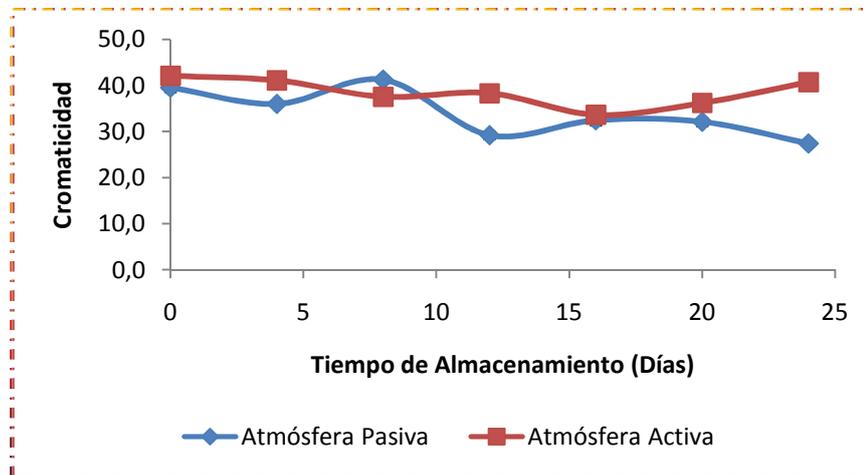


Figura 37. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en el croma de papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada. Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

Al inicio del estudio los cubos que presentaron un 6.1% mayor cromaticidad fueron los de atmósfera pasiva, sin embargo al octavo día se presentó un cambio siendo los trozos de atmósfera activa los que presentaron un 9.2% menor croma mostrando, estadísticamente diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en dicho parámetro. En el día 20 se mostró una disminución de 11.3% por parte de las muestras de AP, las cuales siguieron este comportamiento hasta el final del almacenamiento; por otra parte las muestras de AA presentaron un 7.4% mayor croma respecto al día anterior de muestreo por lo que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el croma.

Los resultados obtenidos concuerdan con trabajos anteriores de papaya con recubrimiento realizados por Brasil, *et. al.*, (2012) en el cual reportó que los parámetros de color de papaya fresca cortada decrecen durante su almacenamiento, pero las muestras en atmósfera modificada logran mantener los parámetros de color por más tiempo.

- **Pérdida de peso**

La pérdida de peso producida es un parámetro importante porque se traduce en pérdidas económicas, se observó una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la pérdida de peso entre las papayas envasadas en atmósfera activa y pasiva siendo los trozos de papaya en atmósfera activa las que no perdieran peso durante su almacenamiento, sin embargo la pérdida de peso de las muestras en atmósfera pasiva no fue mayor al 1.5% lo cual indica que fue muy pequeña durante su almacenamiento (Figura 38).

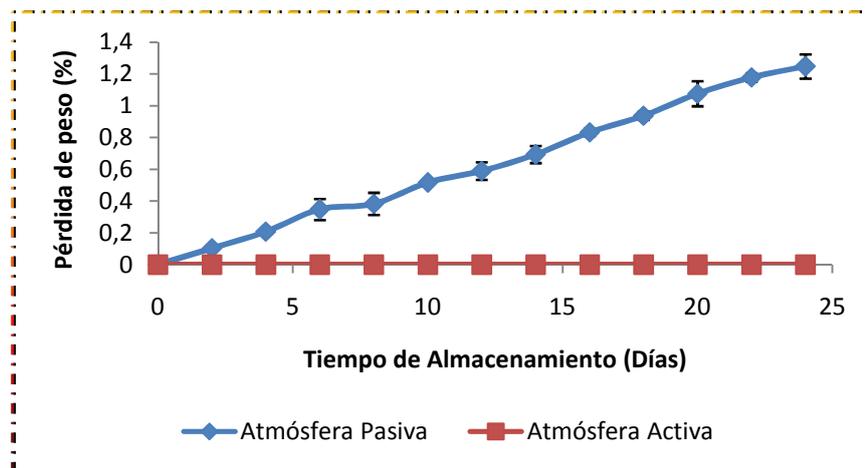


Figura 38. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en la pérdida de peso en papaya mínimamente procesada. Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

En trabajos anteriores de papaya por Waghmare y Annapure(2013) mencionó que el procesamiento de la fruta aumenta el C_2H_4 inducido por la herida, la actividad de agua y superficie por unidad de volumen que también puede aumentar la pérdida de peso durante el almacenamiento.

- **Liberación de líquido**

La liberación de líquido que se presentó en ambas atmósferas al inicio del estudio presentó un valor menor al 7%; sin embargo la atmósfera pasiva mostró a lo largo del almacenamiento menor liberación de líquido en 42.1% presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el parámetro evaluado, (en la Figura 39), entre las atmósferas se notó una marcada diferencia al doceavo día en el cual en ambas atmósferas se presentó un desprendimiento de jugo mayor en 200% con respecto al octavo día, prácticamente el doble de líquido desprendido, este fenómeno se puede explicar debido a que probablemente no se realizó el mismo procedimiento de pesado del papel filtro

para la obtención del dato (no se siguió el procedimiento adecuadamente), sin embargo al final del almacenamiento se vuelve a mostrar el comportamiento similar a que se presentó en el octavo día siendo los trozos en atmósfera activa los que mostraron un 159.1% mayor liberación de líquido que los trozos en atmósfera pasiva presentando estadísticamente diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la liberación de líquido.

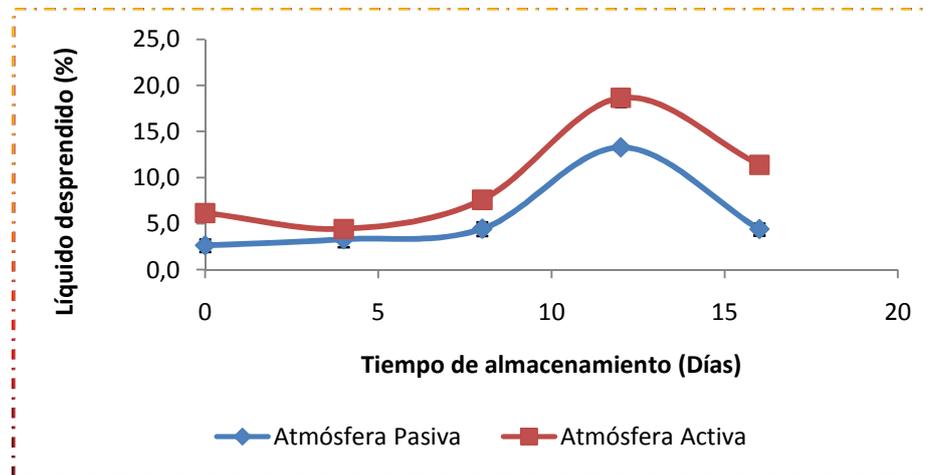


Figura 39. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en liberación de líquido de papaya mínimamente procesada. Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

Lo que ayudó a reducir la pérdida de líquido fue la barrera creada por los polímeros usados según lo reportado por Brasil,*et.-al.*, (2012), por otra parte según Oms-Oliu (2008) reportaron que los recubrimientos de alginato aplicados en melón tiene un mayor efecto en la prevención de la pérdida de agua.

- **Porcentaje de oxígeno y dióxido de carbono en espacio de cabeza**

Los cambios observados de las concentraciones de O_2 y CO_2 de las muestras almacenadas a $5^\circ C$ decrecieron en los cubos en atmósfera activa presentando un comportamiento similar entre ellos (Figura 40), durante el estudio se observó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la composición atmosférica entre las concentraciones de CO_2 y O_2 .

En la Figura 40-A se mostró la tendencia a disminuir en un 70.4% del consumo de O_2 de los cubos en atmósfera pasiva, al inicio del estudio el contenido de oxígeno fue de 0.7%, siendo mucho menor que el contenido que mostraron los de atmósfera activa 7.8% de O_2 (Figura 40-B). Al último día de almacenamiento el consumo de oxígeno de ambas muestras disminuyó 70% en atmósfera pasiva (AP) y 17.9% en atmósfera activa

(AA) presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el parámetro evaluado entre las muestras durante el estudio.

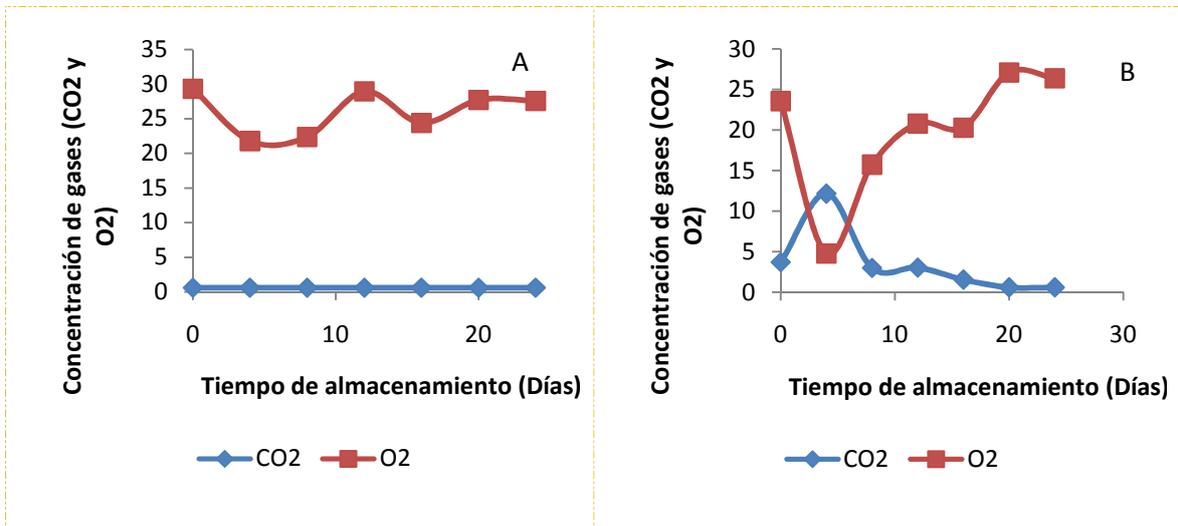


Figura 40. Efecto del uso de atmósfera pasiva (A) y activa (B) en la composición de oxígeno y dióxido de carbono (O_2 y CO_2) de la papaya mínimamente procesada. Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

Por el contrario el contenido de dióxido de carbono en las muestras presentaron tendencias diferentes, mostrando (Figura 40-A) que el contenido de CO_2 en AP fue el mismo durante el estudio, sin embargo, la producción de CO_2 en AA disminuyó 83.8% a lo largo del almacenamiento.

Según Waghmare y Annapure(2013) explicó que los productos frescos cortados en general tienen una mayor tasa de respiración que los productos intactos probablemente a la mayor área y superficie expuestas a la atmósfera para el aumento de la actividad de las células dañadas. Por otra parte Oms-Oliu(2008) mencionó que revestimientos a base de alginato reduce significativamente la acumulación de etileno en el espacio superior de cabeza en comparación a los no recubiertos, también sugiere que debido a los iones calcio del recubrimiento presentaron un efecto como barrera de oxígeno, además los iones calcio están involucrados en la función de muchas acciones enzimáticas en la célula y fisiológicas.

5.3.2 Parámetros fisicoquímicos de papaya mínimamente procesada en atmósferas modificadas (activa y pasiva)

- **Sólidos solubles totales**

El contenido de sólidos solubles totales mostró claramente una tendencia a disminuir en 12.2% por parte de los trozos de papaya en atmósfera activa del inicio al final del estudio por otra parte los cubos en atmósfera pasiva mantuvieron su SST hasta el día 16 en el cual se mostró una disminución de dicho parámetro en ambas papayas mostrando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en sólidos solubles durante el almacenamiento (Figura 41).

Se observó que al inicio del estudio el contenido de SST en AP fue 1.7% mayor con respecto a los de AA las cuales presentaron un valor de 11.7°Brix, al cuarto día se observó una disminución de este parámetro en los cubos, sin embargo se obtuvo un menor contenido de sólidos solubles totales en AA del 16.4% menor SST con respecto a los de AP presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en dicho parámetro. Durante los siguientes días de almacenamiento se mantuvo el contenido de SST en ambos cubos presentándose una disminución hasta el día 20 de 9.3% para AP y de 10.4% en AA.

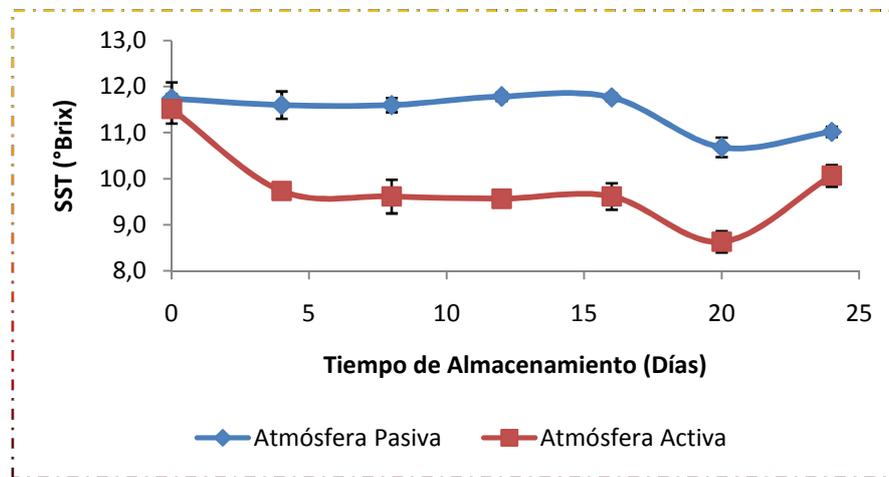


Figura 41. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en sólidos solubles totales de papaya mínimamente procesada. Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

El comportamiento observado se debe a que durante el almacenamiento el contenido de sólidos solubles totales se explica mediante la solubilización y síntesis de hidratos de carbono ya que el contenido de SST están estrechamente ligados con la maduración de la fruta (Waghmare y Annapure, 2013). El contenido de SST en la papaya en atmósfera pasiva se puede atribuir a que el proceso de maduración se produjo en el interior del

recubrimiento, ya que en general el contenido de sólidos solubles totales tienden a aumentar ligeramente durante el periodo de almacenamiento (Benítez *et al.*, 2013).

5.3.3 Parámetro nutricional de papaya mínimamente procesada en atmósferas modificadas (activa y pasiva).

- **Vitamina C**

El comportamiento del contenido de vitamina C que se presentó durante el estudio fue a disminuir un 32.1% en los trozos de papaya en atmósfera pasiva aunque los primeros días de almacenamiento se observó un ligero incremento de este parámetro en un 45% respecto al inicio del estudio, en caso similar los trozos de papaya en atmósfera activa mostraron un comportamiento a aumentar el doble del contenido de ácido ascórbico en los primeros días de almacenamiento (del 1° al día 12) siendo mayor 19.5% con respecto a los de atmósfera pasiva en el mismo día de muestreo. Estadísticamente hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en vitamina C entre las atmósferas aplicadas (Figura 42).

En el octavo día de almacenamiento se presentó el mayor contenido de vitamina C en las dos muestras estudiadas, siendo los cubos de AP los que presentaron 16.3% menor ácido ascórbico en comparación de los de AA; sin embargo al paso del tiempo dicho parámetro fue disminuyendo en un 32.1 y 41.8% en atmósfera pasiva y activa respectivamente, desde el octavo día al final del almacenamiento.

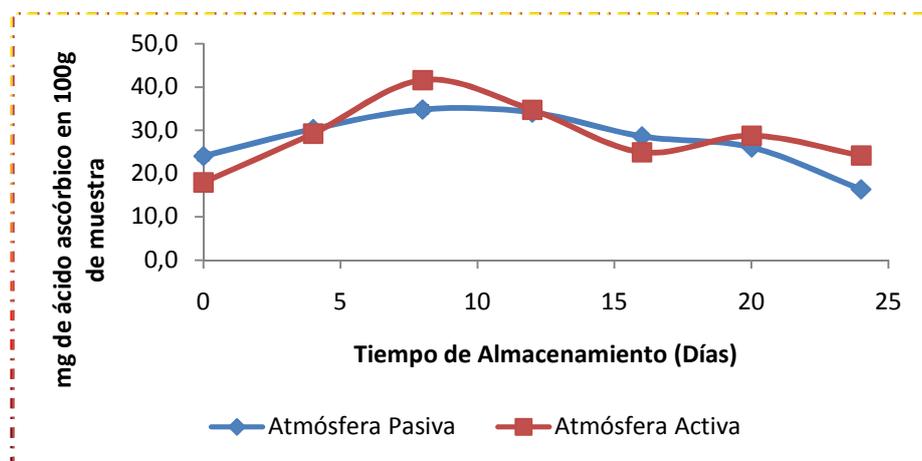


Figura 42. Efecto del uso de atmósfera activa y pasiva en ácido ascórbico (Vit.C) de papaya mínimamente procesada. Las barras verticales representan \pm la desviación estándar.

En estudios anteriores llevados a cabo en melón fresco cortado mostró que cuanto menor sea la concentración de O₂ en el espacio de cabeza del envase, mayor es el contenido de la vitamina C, Oms-Oliu(2008) menciona que mientras se mantenga el oxígeno fuera retrasa las reacciones oxidativas deteriorantes de vitamina C, también reportó que el uso de recubrimientos a base de alginato reducen la pérdida de vitamina C en 75%. Se han reportado casos en los que la UV-C ha modificado las propiedades nutricionales de frutas y hortalizas, entre estos cambios se encuentran el incremento de vitaminas (Rivera,*et.-al.*, 2007).

5.3.4 Análisis sensorial de papaya mínimamente procesada en atmósferas modificadas (activa y pasiva).

Los resultados obtenidos de los panelistas al evaluar la intensidad de color, apariencia, olor, sabor y textura de las papayas de las atmósferas modificadas; fueron de calificaciones en promedio altas (4-5) en la escala hedónica, lo cual indicó que la aplicación de las atmósferas resultó satisfactoria ya que fueron similares a un control, sin presentar diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en el análisis sensorial.

En la Tabla 33 se observó que hubo puntuaciones altas de la intensidad de color de los trozos de papaya en atmósfera activa y pasiva, se mantuvieron las propiedades de textura y apariencia, al paso de los días los panelistas no percibieron ninguna diferencia significativa en los parámetros evaluados, sin embargo al día 20 solo detectaron un mejor sabor de las papayas en atmósferas presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$), comportamiento similar se observó en el parámetro de intensidad de color, también se identificó una disminución de la textura en los cubos en atmósfera modificada.

Tabla 33. Resultados de prueba de aceptabilidad papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada en atmósfera modificada activa y pasiva al día 0.

Tratamiento	Intensidad color	Apariencia	Olor	Sabor	Textura
Control	3,0a	4,2 a	4,1 a	4,0 a	4,1 a
A. Pasiva	4,4b	4,4 a	4,1 a	3,8 a	3,1 a
A. Activa	4,1b	4,4 a	4,6 a	4,4 a	3,3 a

Nota: a y b explican si hay o no diferencia significativa entre las muestras, si se presenta solo a o b en una columna no hay diferencia significativa; pero si se presenta a y b en una columna si hay diferencia significativa.

Los cambios en los parámetros evaluados al cuarto día de almacenamiento (Tabla 34) se detectaron en intensidad de color y sabor siendo los cubos en atmósfera modificada los

que presentaran mayor calificación en intensidad de color por parte de los panelistas con respecto a los controles ya que por parte de el parámetro de sabor los de atmósfera activa mostraron un mejor sabor que el control cabe resaltar que los de atmósfera pasiva se encontraron dentro del límite de consumo.

Tabla 34. Resultados de prueba de aceptabilidad en papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada en atmósfera modificada activa y pasiva al día 4.

Tratamiento	Intensidad color	Apariencia	Olor	Sabor	Textura
Control	2,3 a	3,6 a	3,7 a	3,1 a	3,3 a
A. Pasiva	3,9 a	3,9 a	3,5 a	2,7 a	3,0 a
A. Activa	2,6b	3,4 a	4,1 a	3,9b	2,8 a

Nota: a y b explican si hay o no diferencia significativa entre las muestras, si se presenta solo a o b en una columna no hay diferencia significativa; pero si se presenta a y b en una columna si hay diferencia significativa.

Para el octavo día de muestreo los trozos de papaya mostraron una mejor intensidad de color que las papayas control (Tabla 35), siendo lo contrario para el parámetro de textura en donde los panelistas detectaron una mejor textura por parte de los control, sin embargo las muestras en AA y AP no se encuentran por debajo del límite de consumo lo cual indicó que aún no pierden su textura, los demás parámetros evaluados permanecieron constantes.

Tabla 35. Resultados de prueba de aceptabilidad en papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada en atmósfera modificada activa y pasiva al día 8.

Tratamiento	Intensidad color	Apariencia	Olor	Sabor	Textura
Control	2,1 a	3,2 a	3,6 a	3,2 a	4,1b
A. Pasiva	3,4b	3,5 a	3,7 a	3,3 a	3,0 a
A. Activa	3,6b	3,5 a	4,3 a	4,1 a	2,8 a

Nota: a y b explican si hay o no diferencia significativa entre las muestras, si se presenta solo a o b en una columna no hay diferencia significativa; pero si se presenta a y b en una columna si hay diferencia significativa.

Al doceavo día se tuvo una mayor aceptación en cuanto a intensidad de color, apariencia olor y sabor de los trozos de papaya en atmósfera activa y pasiva que los control siendo la textura el parámetro que fuese ligeramente menor con una calificación de 3.6 por parte de los panelistas (se observa en la Tabla 36).

Tabla 36. Resultados de prueba de aceptabilidad en papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada en atmósfera modificada activa y pasiva al día 12.

Tratamiento	Intensidad color	Apariencia	Olor	Sabor	Textura
Control	2,1 a	3,2 a	3,7 a	3,4 a	3,6 a
A. Pasiva	3,8b	3,3 a	3,7 a	3,4 a	3,3 a
A. Activa	3,5b	3,9 a	4,1 a	3,9 a	3,3 a

Nota: a y b explican si hay o no diferencia significativa entre las muestras, si se presenta solo a o b en una columna no hay diferencia significativa; pero si se presenta a y b en una columna si hay diferencia significativa.

En la Tabla 37 se muestran los resultados obtenidos de los parámetros evaluados por los panelistas al día 16 de almacenamiento, en el cual se mostró que los panelistas encontraron que los cubos fueron similares a las del día 12 presentando una mejor intensidad de color, apariencia y olor. Sin embargo las calificaciones del sabor y la textura fueron menores de los controles.

Tabla 37. Resultados de prueba de aceptabilidad en papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada en atmósfera modificada activa y pasiva al día 16.

Tratamiento	Intensidad color	Apariencia	Olor	Sabor	Textura
Control	2,1 a	3,4 a	3,4a	4,2a	3,9 a
A. Pasiva	3,6b	3,6 a	3,9 a	3,4 a	3,3 a
A. Activa	3,8b	3,8 a	3,8 a	4,0 a	3,7 a

Nota: a y b explican si hay o no diferencia significativa entre las muestras, si se presenta solo a o b en una columna no hay diferencia significativa; pero si se presenta a y b en una columna si hay diferencia significativa.

Por otra parte en la Tabla 38 se mostró un cambio radical en cuanto a los valores de sabor reportados por los panelistas siendo este parámetro el que presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$); al final del almacenamiento no se realizó la evaluación sensorial debido a que existió un riesgo para la salud de los panelistas al consumir la papaya con presencia de microorganismos.

Tabla 38. Resultados de prueba de aceptabilidad en papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada en atmósfera modificada activa y pasiva al día 20.

Tratamiento	Intensidad color	Apariencia	Olor	Sabor	Textura
Control	2,4a	3,8 a	3,8 a	4,1 b	3,9 a
A. Pasiva	3,8b	3,2 a	4,0 a	2,9 a	3,5 a
A. Activa	2,8 a	3,3 a	4,1 a	3,7 ab	3,4 a

Nota: a y b explican si hay o no diferencia significativa entre las muestras, si se presenta solo a o b en una columna no hay diferencia significativa; pero si se presenta a y b en una columna si hay diferencia significativa.

Estos comportamientos detectados por los panelistas se pueden explicar mediante lo que se reportó en Waghmare y Annapure, (2013) el ablandamiento de los tejidos limita la vida útil y conduce al rechazo de los consumidores de la IV Gamma.

5.3.5 Parámetros microbiológicos de papaya mínimamente procesada en atmósferas modificadas (activa y pasiva)

En la Tabla 39 se muestran los datos obtenidos de las pruebas microbiológicas obtenidas para los cubos de papaya envasada con film de baja permeabilidad y los de recubrimiento a base de alginato.

Tabla 39. Parámetros microbiológicos en papaya ‘Maradol’ mínimamente procesada en atmósfera modificada activa y pasiva

	Coliformes totales (UFC/g)		Mesófilos (UFC/g)		Mohos y Levaduras (UFC/g)	
	1 ^{er} día	24 ^{vo} día	1 ^{er} día	24 ^{vo} día	1 ^{er} día	24 ^{vo} día
Atmósfera modificada						
Activa	NP	NP	NP	1.3X10 ⁴	NP	1.2X10 ⁴
Pasiva	NP	NP	NP	NP	NP	NP

NP=No presentó

Al inicio de almacenamiento la cuantificación de coliformes, mesófilos, mohos y levaduras no presentaron cuenta microbiana, sin embargo al final del estudio (24 días después) si presentaron mesófilos aerobios por parte de las muestras de atmósfera activa; también hubo presencia de mohos y levaduras el final del almacenamiento pero solamente en la atmósfera activa presentando un valor de 1.2×10^4 UFC/g.

La manipulación durante el proceso de elaboración de las muestras fue adecuada ya que al inicio del almacenamiento no hubo presencia de ningún microorganismo. Sin embargo al final del almacenamiento solo en las muestras con recubrimiento se detectó la presencia de mesófilos, mohos y levaduras que pudo ser debido a la concentración de alginato el cual es un sustrato para la proliferación de dichos microorganismos.

En estudios realizados por Cortez-Vega *et.-al.*, (2014), reportaron que no se detectó presencia de coliformes en papaya mínimamente procesada asegurando que fue debido a la efectividad del método de desinfección. Por otra parte Saxena *et.-al.*, (2008) mencionó que la composición de O₂ y CO₂ en la atmósfera restringen el crecimiento de los microorganismos.

5.3.6Apreciación visual de papaya mínimamente procesada en atmósferas modificadas (activa y pasiva).

En la Tabla 40 se muestra la evidencia fotográfica de los trozos de papaya en atmósfera modificada activa y pasiva a lo largo de su almacenamiento durante 24 días a 5°C.

Durante el almacenamiento se observó una buena apariencia siendo los cubos en atmósfera pasiva los que obtuvieron una mejor presentación con respecto a los de atmósfera activa, en los cuales se observó que se empañaban debido al film utilizado para su envasado, por otro lado los trozos de papaya con recubrimiento presentaron una apariencia seca durante el almacenamiento. Al final del almacenamiento se observó que los cubos presentaron índice de crecimiento microbiano debido a que se observaron la presencia de puntos blancos en la superficie de los cubos de papaya, siendo más frecuentes en los de atmósfera pasiva en comparación a la atmósfera activa.

Tabla 40. Apreciación visual del uso de atmósfera activa y pasiva en papaya mínimamente procesada.

Tiempo de almacenamiento (Días)	Atmósfera Pasiva	Atmósfera Activa
0		
4		
8		
12		
16		
20		
24		



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

- ✚ La selección de un estado de madurez de papaya ‘Maradol’ (amarillo-naranja) permitió obtener un producto mínimamente procesado con mejor calidad y apto para su consumo, con respecto a la obtención de características fisicoquímicas y físicas que atraen al consumidor como lo fue un mayor contenido de sólidos solubles totales, los cuales hacen que el sabor de la papaya sea dulce.
- ✚ La aplicación de los diferentes métodos de desinfección (hipoclorito de sodio, ozono y UV-C) presentaron un control efectivo contra el crecimiento de microorganismos. Sin embargo la aplicación de radiación UV-C como método de desinfección de la papaya fresca cortada permitió además de controlar el crecimiento microbiano, mantener sus parámetros de calidad (firmeza, color, sólidos solubles totales, pH, acidez), contenido de vitamina C y su apariencia visual).
- ✚ La aplicación de recubrimiento a base de alginato al 0.5% y cloruro de calcio al 1% en la papaya mínimamente procesada permitió que el producto tuviera una mayor aceptabilidad de consumo así como preservar sus características de calidad (firmeza, color, liberación de líquido, sólidos solubles totales) y contenido de vitamina C).
- ✚ El uso de una atmósfera pasiva (recubrimiento comestible) resultó ser mejor en la preservación de la papaya mínimamente procesada, ya que ayudó a mantener el contenido de sólidos solubles y obtener una menor liberación de líquido, alargando la vida útil hasta 20 días a 5°C, presentando una buena calidad microbiológica y aceptación sensorial.



RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

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

- ✚ Evaluar el efecto del recubrimiento comestible en otras variedades de papaya o en otros frutos.
- ✚ Estudiar otro tipo de recubrimiento comestible a base de proteínas en la papaya mínimamente procesada.
- ✚ Estudiar las propiedades de barrera del recubrimiento a los gases (O_2 y CO_2).
- ✚ Realizar la medición de la composición atmosférica utilizando muestras nuevas en cada punto de muestreo, para asegurar la composición presente de O_2 y CO_2 .
- ✚ Evaluar otros tipos de envases que sean menos costosos para el producto final.



BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- ✚ Amaya P., Peña L., Moquera A., Villada H. y Villada L. (2009). Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum mill*). Medellín , 67-73.
- ✚ AOAC. (1990). Official Methods of Analysis.15 th Ed. Association of Official Analytical Chemists.USA.
- ✚ Artés, F. (2006). El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortifrutícolas intactos mínimamente procesados en freco. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, No.61-85.
- ✚ Arthey, P. (1997). Procesado de frutas. España: Acribia.
- ✚ Avila, M. R. (2005). Sandía (*Citrullus vulgaris*) mínimamente procesada conservada en atmósferas modificadas. Mérida, Yucatán: Instituto Tecnológico de Mérida.
- ✚ Azarakhsh N., Osman A., Ghazali H., Tan C. y Adzahan N. (2012). Optimization of alginate and gellan-based edible coating formulations . *International Food Research Journal* , No.279-285.
- ✚ Baraona-Cockrell, M., y Sancho-Barrantes, E. (1991). Piña y Papaya: Fruticultura Especial. Costa Rica: EUNED.
- ✚ Benítez S., Achaerandio I. , Sepulcre F, Pujola M.. (2013). Aloe vera based edible coatings improve the quality of minimally processed "Hayward" kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 81, 29-36.
- ✚ Brasil, I., Gómez C., Gómez-Puerta A., Castell P. y Moreira R. (2012). Polysaccharide-based multilayered antimicrobial edible coating enhances quality of fresh-cut papaya. *Food Science and Technology*: 39-45.
- ✚ Brody, A. L. (1996). Envasado de alimentos en atmósferas controladas, modificadas y a vacío. España: Acribia.
- ✚ California, C. E. (2013). *Manual Técnico de Desinfección Poscosecha*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2013, de Programa de Inocuidad Alimentaria, disponible en: <http://www.cesavebc.com/PIA/documentos/Manual%20de%20desinfeccion.pdf>
- ✚ Castro, N., y Quispe, A. (2010). Efecto del ozono en los sistemas de higienización de frutas y hortalizas de los laboratorios de la FIIA-UNASAM. Aporte Santiaguino, 47-52.
- ✚ Cortez-Vega W. Pizato S. Andreghetto de Souza J. Prentice C. (2014). Using edible coating from Whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) protein isolate and organo-clay nanocomposite for improve the conservation properties of fresh-cut "Formosa" papaya. *Innovate Food Science and Emerging Technologies*, 1-6.

- Da Silva, M. A., y Krause, A. C. (2009). Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca^{+2} ions: Effects of the plasticizer concentration. *Carbohydrate Polymers* (77): 736-742.
- DOF. (2007). Recuperado el 16 de Septiembre de 2013, disponible en: <http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2007/nmx-ff-041-scfi-2007.pdf>
- Economía, S. d. (s.f.). *Normas Mexicanas*. Recuperado el 16 de septiembre de 2013, disponible en: <http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2006/nmx-ff-058-scfi-2006.pdf>
- FAO. (2013). Recuperado el 20 de Septiembre de 2013, disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- FDA. (23 de Abril de 2013). Recuperado el 27 de Noviembre de 2013, disponible en: <http://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/IrradiatedFoodPackaging/ucm261938.htm>
- García, E., Gago, L., & Fernández, J. L. (2006). Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. España: Elice Industria.
- García M., Ventosa M., Díaz R., Casariego A. (2006). Efecto de coberturas de alginato de sodio enriquecidas con aloe vera en la calidad de zanahoria minimamente procesada. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 21 (3), 62-67.
- Garmendia, G., y Silvana, V. (2006). *Horticom*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2013, disponible en: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/65/406/65406.pdf>
- Gil, A. I., & Miranda, D. (2005). Morfología de la flor y la semilla de papaya (*Carica papaya* L.): variedad Maradol e híbrido. *Agronomía Colombiana*, No.2, 217-222.
- Gonzalez Olmos, M. G., & Guzman Morfín, I. (2001). *Efecto de películas comestibles formuladas a base de alginato y gretina en la vida útil del mango listo para consumir*. Tesis de Licenciatura. México: UNAM.
- González, A., Robles S., Gorinstein S., Martín B., Astiazarán G. (2007). Frutos Tropicales Minimamente Procesados: Potencial Antioxidante y su Impacto en la Salud. *Interciencia*, 32 (4), 227-232.
- Guevara, J. C. (2010). *Empacado de alimentos*. México: Trillas.
- Gutiérrez L. y Juárez L. (2011). Efecto del tratamiento de irradiación gamma e hidrotérmico en el control de antracnosis en papaya (carica papaya L.) variedad Maradol para exportación. Tesis de licenciatura. México: UNAM.
- Hernández, Y. (2007). Importancia del grado de madurez en el procesado mínimo de frutas. V congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportación ,(S6-O203): 837-847.

-
- ✚ Ibarzabal, U., & Arrazola, M. (2006). IV Gama:hortalizas para los nuevos tiempos. Agropesquera: 42-47.
 - ✚ IFAS. (2010). Intitute of Food and Agriculture Sciences. Recuperado el 23 de Octubre de 2010, disponible en:<http://edis.ifas.ufl.edu/fe917>
 - ✚ INFOAGRO. (2014). Recuperado el 18 de Marzo de 2014, disponible en:http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/papaya.htm
 - ✚ Inmaculada, E. (2011). Poscosecha de pera, manzana y melocotón. España: Mundiprensa.
 - ✚ Jiménez, J. (2002). Manual práctico para el cultivo de la papaya Hawaiana. Costa Rica: Earth.
 - ✚ Krause Bierhalz, A. C., Altenhofen da Silva, M., Y Guenter Kieckbusch, T. (2012). Natamycin release from alginate/pectin films for foods packaging application. *Journal of Food Engineering* 110: 18-25.
 - ✚ Lobo, G., Y González, M. (2003). Productos hortifrutícolas mínimamente procesados. España: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).
 - ✚ Maruchi A., Tornet Y., Aranguren M., Ramos R., Rodriguez K. y Pastor R. (2008). Caracterización de los frutos de cuatro cultivares de papaya del grupo Solo, introducidos en Cuba. *Agronomía Costarricense* , 32 (2):169-175.
 - ✚ Millán, T. López P., Roa T., Tapia M. y Cava R. (2001). Estudio de la estabilidad microbiológica del melón (*Cucumis melo L*) mínimamente procesado por impregnación al vacío. Recuperado el 1 de Agosto de 2014, disponible en: [Hyperlink http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0004-06222001000200009&script=sci_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0004-06222001000200009&script=sci_arttext). vol.51, No.2, pp.173-179. ISSN 0004-0622.
 - ✚ Moyano, S. (2009). Evaluación microbiologica del proceso de lavado y desinfección en Achicoria seleccionada. *Universidad Tecnológica Nacional* ,20-25.
 - ✚ NMX-F-103. (1982). Alimentos.Frutas y Derivados.Determinación de grados Brix. DOF. Recuperado el 12 de Octubre de 2013, de Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-103-1982.PDF>
 - ✚ NMX-FF-014-SCFI. (1982). Productos alimenticios no industrializados para su uso humano. Fruta fresca.Determinación de la resistencia a la penetración. Recuperado el 12 de Octubre de 2013, de Disponible en: <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-014-1982.PDF>
 - ✚ NOM-092-SSA1. (1994). Secretaria de Salud, NORMEX. Recuperado el 16 de septiembre de 2013, de NOM-092-SSA1-1994,Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Disponible en:<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/092ssa14.html>

-
- ✚ NOM-110-SSA. (1994). Secretaría de Salud, NORMEX. Recuperado el 16 de Septiembre de 2013, de NOM-110-SSA-1994. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/110ssa14.html>
 - ✚ NOM-111-SSA1. (1994). Recuperado el 12 de Octubre de 2013, de Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.: Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/111ssa14.html>
 - ✚ NOM-113-SSA. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Recuperado el 16 de Septiembre de 2013, de NOM-113-SSA1-1994: Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/113ssa14.html>
 - ✚ NORMEX. (1994). Recuperado el 16 de Septiembre de 2013, de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/110ssa14.html>
 - ✚ Olaco, J. (2013). Aplicación de tratamientos hidrotérmicos, irradiación ionizante y no ionizante para el control de salmonella spp en papaya maradol para exportación. Tesis de Ingeniería en Alimentos. México: UNAM.
 - ✚ Olmez H., Yesilcimen M. (2009). Optimization of ozone treatment of fresh-cut green lettuce. *Journal of Food Engineering*, 90, 487-494.
 - ✚ Oms-Oliu. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to enhance. *Food Science and Technology*, 41: 1862-1870.
 - ✚ Ospina-Meneses, S. M., y Cartagena -Valenzuela, J. R. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. *Lasallista de investigación*, 5 (2): 112-123.
 - ✚ Pamplona, J. (2006). *Salud por los alimentos*. España: Safeliz, S.L.
 - ✚ Parry, R. (1995). *Envasado de los alimentos en atmósfera modificada*. España: A. Madrid Vicente, Ediciones.
 - ✚ Paull, R., y Wenjun, C. (1997). Minimal Processing of papaya (Carica papaya) and the physiology of halved fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 12: 93-99.
 - ✚ Pérez, G. (2013). Extracción de compuestos activos de plantas para su aplicación en recubrimientos comestibles para controlar podredumbre gris en fresa. Tesis de licenciatura. México: UNAM.
 - ✚ Quintero C., J., Falguera, V., & Muñoz H, A. (2010). Películas y Recubrimientos Comestibles: Importancia y Tendencias Recientes en la Cadena Hortofrutícola. *Tumbaga*, 93-118.
 - ✚ Rivera-Pastrana, Gardea-Béjar, Martínez Téllez, Rivera-Domínguez y González -Aguilar. (2007). Efectos bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y hortalizas. *Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal*, 30 (4):361-372.

-
- ✚ Rodríguez, S., y Narciso-Fernandes, F. A. (2012). *Advances in Fruit Processing Technologies*. United States of America : Taylor and Francis Group.
 - ✚ Rosales, M. C. (2009). *Mejora de la calidad de piña minimamente procesada con tratamineto por irradiación UV-C*. México, Tesis de Licenciatura. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
 - ✚ SAGARPA. (2009). Recuperado el 21 de Agosto de 2013, disponible en: <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENES/ARCHIVOSPDF/ARCHIVOSDIFUSION/MONOGRAFIA%20PAPAYA2010.PDF>
 - ✚ SAGARPA. (2012). (J. Conde Medina, Ed.) *Una mirada a la producción, el comercio y el consumo de papaya a nivel mundial*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2013, Disponible en: http://www.aserca.gob.mx/artman/uploads/boletin_julio_2012.pdf
 - ✚ SAGARPA. (2013). Recuperado el Septiembre de 2013, disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=288
 - ✚ Santamaría -Basulto, F., Díaz -Plaza, R., . (2009). Características de calidad de frutos de papaya maradol en la madurez de consumo. *Agricultura Técnica en México* ,35 (3): 347-353.
 - ✚ Saxena A., Shingh-Bawa A. y Srinivas-Raju P. (2008). Use of modified atmosphere packaging to extend shelf-life of minimally processed jackfruit (*Artocarpus heterophyllus L.*) bulbs. *Journal of Food Engineering*, 87: 455-466.
 - ✚ Sierra-Alonso, I., y Morante-Zarcelero, S. (2007). *Ciencias ex y tecnologia*. España: Acribia.
 - ✚ Silva, Brandao R.S., Alexandre M.C. (2012). Impact of non-thermal tehcnologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality factor retention of frozen red bell peppers. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17, 99-105.
 - ✚ Thompson A. (2003). *Almacenamiento en Atmosferas Controladas de frutas y hortalizas*. España: Acribia.
 - ✚ Tirilly Y. (2002). *Tecnologia de las Hortalizas*. España: Acribia.
 - ✚ Waghmare, R. y Annapure U.S. (2013). Combined effect of chemical treatment and/or modified atmosphere packaging (MAP) on quality of fresh-cut papaya. *Postharvest Biology and Technology*: 147-153.
 - ✚ Wiley, R. C. (1997). *Frutas y Hortalizas Minimamente Procesadas y Refrigeradas*. España: Acribia .