



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA Y MEJORAMIENTO DE
LA CALIDAD DE LA GUAYABA DURANTE SU VIDA EN
POSTCOSECHA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A :

HUGO JUÁREZ CHÁVEZ

ASESORA: DRA. MARÍA ANDREA TREJO MÁRQUEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO.

2006



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.

AGRADECIMIENTOS

Dra. Andrea Trejo Márquez

Por brindarme la oportunidad y confianza de realizar este trabajo, por todo el tiempo y dedicación que me haz dado, he aprendido mucho de ti ...Gracias Andrea.

Al I.A Arturo López de CRYOVAC por facilitar las diferentes películas plásticas, que hicieron acabo la realización de esta tesis...Gracias.

Trabajo apoyado por la Cátedra de investigación de tecnología de productos vegetales, F.E.S UNAM.

A Perla del Rosario Hurtado Abundio y María del Carmen Alvarado Romo por el apoyo en la determinación de la Vitamina C, parte de esta tesis es de ustedes y se las debo ha ustedes...Gracias.

A todos mis Maestros..

Por que de todos he aprendido, (desde la infancia, adolescencia, hasta el día de hoy), por que cada uno de ustedes me han forjado ha ser un hombre diferente e igual a todos los llevo en mi corazón.....Gracias.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Desde la niñez siempre soñé en estudiar en la universidad más grande de México, y con mucho trabajo pude entrar después de fracasar en muchos exámenes en la adolescencia, porque se que tu espíritu universitario lo llevo en la sangre azul y en la piel dorada, ese sueño se ha hecho realidad, como no te voy ha querer...Gracias.

Al profesor Mauro Villalobos.

Estoy profundamente agradecido por aquellas palabras que en alguna ocasión me brindo, pasaba por uno de los momentos más difíciles en los días de estudiante por la UAM-I y sus sabias palabras me impulsaron a seguir adelante, terminar y cumplir mis objetivos... Gracias.

DEDICATORIAS

Esta tesis esta dedicada con Amor a mis padres.

Juan Juárez y Rosa Arminda Chávez a quienes les debo y Amo tanto, estaré siempre agradecido.

A mis hermanos.

Coquito, Claudia, Juanelo, Rocío, Pituercas, por todo lo que hemos vivido, se que están conmigo y yo estoy con ustedes.

A mis sobrinos.

Marco, Manuel, Jorge, Gabriel, Daniel, Brallan Yair, Vanesa, Andrea (Vivis), Juan Carlitos y Jesús Armando, siempre pueden contar con un amigo, les quiero compartir algo maravilloso (Serás el tamaño de tus pensamientos, no te permitas fracasar, lo mas importante son los sentimientos y lo que no puedes comprar....Mijares), los quiero a todos y aprecio mucho.

A mi tío, te aprendí mucho †Mario Juárez Vázquez (tiocho) donde quiera que te encuentres, se que estas bien en la vida eterna, Gracias por todo.

A la familia Lira Chávez.

Manuel y Amalia, mis primos, Japito, Chino, Chucho y Lupita por compartir y crecer juntos en esa niñez y adolescencia por esos bellos momentos.

A los compañeros que Amo y se que me Aman, estamos en el camino del destino feliz, gracias por su apoyo incondicional.

A los compañeros de la generación I.A 22. Mauricio, Arturo Resendiz, Mike, Omar, Marco, Chamaco, Panchito, Abraham, Nelly, Isabel, Chiquis, Diana, Quetzalli, Magda y todos los de la barda, porque recorrimos este camino juntos y tratamos de hacerlo más ameno.

A los compañeros de laboratorio de Poscosecha, Edna, Norma, Aurora, Elizabeth, Marisela, Cesar, Lupita PPO, Rocío, Claudia, Guadalupe, Nelly, Yadira, Ivon, Karen, Selene, Karina, me llevo en mi corazón esos bellos momentos que hemos vivido juntos, el camino no ha sido fácil pero hemos llegado a la primera parte, espero que todos alcancemos nuestros objetivos.

A las siguientes generaciones, Rodolfo, Sergio, Isaac, Carlos, Rodrigo, Natali, Paloma, Memo, Gabi, Selene, Zaira, Adela, Noemí, Yesica deseo que todos terminen y se cumplan sus objetivos como Ingenieros en Alimentos.

A los amigos de Unigras, Martita, Josefina, Gaby, Cristina, Dr. Sergio Jiménez, Enrique, Juan Carlos, por compartir conmigo esta gran experiencia.

A Laurita por el apoyo, las molestias, eres una gran amiga.

A Benito por facilitarme este trabajo, con el apoyo de material.

Conócete a ti mismo, Se tu mismo y llegaras a ser espontáneo.

“Es mas fácil huir del mundanal ruido que descubrir el mundanal silencio; es más seguro seguir una senda que crearla; es más factible cerrarse que abrirse. El riesgo es grande, pero la alternativa es el desmoronamiento del proyecto titánico del hombre de construir él solo un mundo artificial.”

Raimon Panikkar

No debemos dejar de explorar. Y al final de nuestras exploraciones llegaremos al lugar del que partimos, y lo conoceremos por vez primera.”

T.S. Eliot.

Quien no puede cambiar la trama misma de sus pensamientos nunca podrá cambiar la realidad, y por lo tanto no hará ningún progreso.”

Sadat.

La mente científica con su lógica, su precisión, su indagación, investiga el mundo exterior de la naturaleza, lo cual no conduce a una comprensión interna de las cosas; pero una comprensión interna produce la comprensión de lo externo. Nosotros somos el resultado de las influencias externas. La mente científica es precisa y clara en su investigación. No es una mente compasiva, porque no se ha comprendido así misma.....La mente religiosa no es ritualista. Es capaz de pensar con precisión no en términos de lo negativo y lo positivo; por lo tanto, esa mente contiene en si a la mente científica. Pero la mente científica no contiene a la mente religiosa, porque se basa en el tiempo, en el conocimiento; tiene sus raíces en el éxito y en la realización personal.....Cuando la mente científica se abre paso por las limitaciones de lo conocido, entonces tal vez se aproxima a la mente religiosa.....La mente religiosa es la única mente que puede responder de manera total al reto del presente y a todos los retos, en todos los tiempos.....se una luz para ti mismo.”

J. Krishnamurti (1895-1986)

El buscador es quien está a la búsqueda de si mismo.
Cuando más claramente vea que en el nivel de la mente usted tan sólo puede ser descrito en términos negativos, antes llegara al final de su búsqueda y antes comprenderá que usted es el ser ilimitado.

Sri Nisargadatta Maharaj (1897-1981)

ÍNDICE GENERAL

	Página
Resumen.	x
1. Introducción.	1
2. Antecedentes.	3
2.1 La guayaba.	3
2.1.1 Origen.	3
2.1.2 Importancia económica de la guayaba.	4
2.2 Producción y comercio mundial de la guayaba.	4
2.2.1 Producción mundial.	4
2.2.2 Comercio mundial.	6
2.2.3 Países exportadores e importadores.	6
2.3 Producción de guayaba en México.	6
2.3.1 Distribución nacional y producción.	6
2.3.2 Estructura de la producción.	7
2.4 Aspectos fisiológicos, químicos y bioquímicas.	8
2.4.1 Clasificación taxonómica.	8
2.4.2 Variedades.	9
2.4.2.1 Principales variedades en América.	9
2.4.3 Descripción botánica y morfológica.	10
2.4.4 Propiedades físico-químicas de la guayaba.	11
2.4.4.1 Clasificación física.	11
2.5 Composición química y valor nutritivo de la guayaba.	12
2.5.1 Cambios bioquímicos y fisiológicos durante la maduración.	15
2.5.1.1 Producción de etileno y respiración.	15
2.5.1.2 Cambios en el color y en la textura.	17
2.5.1.3 Cambios en el aroma y sabor.	17
2.5.2 Pérdidas postcosecha en guayaba.	18
2.5.3 Tratamientos para mejorar la calidad de la guayaba.	20
2.6 Atmósferas modificadas.	22
2.6.1 Antecedentes históricos.	22
2.6.2 Definiciones.	22
2.6.2.1 Envasado en atmósfera modificada.	22
2.6.2.2 Generación de la atmósfera.	23
2.6.2.2.1 Modificación pasiva de la atmósfera.	23
2.6.2.2.2 Atmósfera modificada activa.	23
2.6.3 Gases utilizados en el envasado en atmósfera modificada (AM).	23
2.6.3.1 Oxígeno (O ₂).	24

2.6.3.2 Dióxido de carbono (CO ₂).	24
2.6.3.3 Nitrógeno (N ₂).	24
2.6.3.4 Monóxido de carbono (CO).	25
2.6.3.5 Otros gases.	25
2.6.3.6 Mezcla de gases.	25
2.7 Materiales de envase para AM.	26
2.7.1 Características generales exigibles a los envases.	26
2.7.2 Materiales utilizados en el envasado en atmósfera modificada.	26
2.7.2.1 Polietileno.	27
2.7.2.2 Polietileno de baja densidad (LDPE).	27
2.7.2.3 Polietileno de alta densidad (HDPE).	29
2.7.2.4 Polipropileno (PP).	30
2.7.2.5 Policloruro de vinilo (PVC).	30
2.7.2.6 Poliestireno (PS).	30
2.7.2.7 Otras películas plásticas utilizadas en AM.	31
2.7.2.8 Películas biodegradables.	32
2.7.2.9 Películas inteligentes.	32
2.8 Permeabilidad de los envases en la técnica atmósfera modificada (AM).	33
2.8.1 Permeabilidad al vapor de agua.	33
2.8.2 Permeabilidad al O ₂ /CO ₂ .	34
2.8.3 Factores externos que afectan la vida útil.	34
2.8.3.1 Recolección.	34
2.8.3.2 Manipulación.	35
2.8.3.3 Temperatura.	35
2.8.3.4 Pérdida de agua y humedad relativa (HR).	35
2.8.4 Ventajas del envasado en atmósfera modificada.	36
2.8.5 Inconvenientes del envasado en atmósfera modificada.	37
3. Objetivos.	38
4. Materiales y Métodos.	39
4.1 Secuencia metodológica.	39
4.2 Material biológico.	41
4.3 Tratamiento de las muestras.	41
4.3.1 Limpieza.	41
4.3.2 Selección.	41
4.4 Caracterización física, química y fisiológica de la guayaba de Michoacán.	41
4.5 Comparar las características, fisiológicas, fisicoquímicas y sensoriales de guayabas cultivadas en los estados de Aguascalientes y Michoacán.	42
4.6 Determinar el efecto del almacenamiento de guayabas en atmósferas	

Michoacán	55
5.2.1.3 Cambios en los sólidos solubles de guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán.	57
5.2.1.4 Determinación de la firmeza de guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán.	58
5.2.1.5 Pérdida de peso en guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán.	60
5.2.1.6 Cambios en el color de guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán.	61
5.2.1.7 Cambios en el contenido de Vitamina C (ácido ascórbico) en guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán.	62
5.2.1.8 Determinación de la respiración de guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán.	65
5.3 Evaluación sensorial de guayabas procedentes de Aguascalientes y Michoacán.	67
5.4 Efecto de la conservación de guayabas en atmósfera modificada y refrigeración.	69
5.4.1 Efecto del almacenamiento en AM sobre los parámetros de calidad de guayabas.	69
5.4.1.1 Cambios en la respiración de guayabas almacenadas en AM.	69
5.4.1.2 Cambios en el contenido de sólidos solubles en guayabas.	71
5.4.1.3 Cambios en el pH de guayabas.	72
5.4.1.4 Cambios en la firmeza de guayabas.	73
5.4.1.5 Cambios en la acidez de guayabas.	74
5.4.1.6 Cambios en el contenido de vitamina C (ácido ascórbico) en guayabas.	76
5.4.1.7 Determinación de la pérdida de peso en guayabas conservadas en AM.	77
5.4.1.8 Cambios en el color de guayabas.	78
5.4.1.9 Cambios en la concentración de gases en el espacio de cabeza del envase.	80
6. Conclusiones.	84
7. Recomendaciones.	85
8. Referencias.	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación taxonómica de la guayaba.	8
Tabla 2.	Características físico-químicas de la guayaba.	11
Tabla 3.	Densidad y porosidad de la parte comestible de la guayaba.	12
Tabla 4.	Composición química de la guayaba.	13
Tabla 5.	Valor Nutritivo de la guayaba.	13
Tabla 6.	Efecto del estado de madurez de la fruta en el contenido de Vitamina "C".	14
Tabla 7.	Principales plagas y enfermedades que presenta la guayaba.	19
Tabla 8.	Principales tratamientos postcosecha aplicados a guayaba para mejorar la calidad.	21
Tabla 9.	Composición gaseosa del aire seco a nivel del mar.	23
Tabla 10.	Características de los materiales.	27
Tabla 11.	Permeabilidad de los films al CO ₂ , O ₂ a 23°C.	43
Tabla 12.	Escala hendonica de evaluación sensorial.	50
Tabla 13.	Características físicas de la guayaba.	51
Tabla 14.	Composición química de la guayaba.	52
Tabla 15.	Características físico-químicas de la guayaba.	52
Tabla 16.	Análisis sensorial de guayabas procedentes de Aguascalientes y Michoacán, almacenados a 20°C.	67

ÍNDICE DE FIGURAS.

	Página
Figura 1. La guayaba.	3
Figura 2. Principales países productores de guayaba.	4
Figura 3. Producción de guayaba en el mundo, en el año 2004.	5
Figura 4. Superficie cosechada de guayaba en México Año agrícola 2005.	7
Figura 5. Participación del valor de la producción de guayaba por estado. Año agrícola Diciembre 2005.	8
Figura 6. Árbol de guayaba en la etapa de producción.	10
Figura 7. Fruto próximo a ser cosechado.	10
Figura 8. Flor de la guayaba.	10
Figura 9. Pulpa y Semillas de la guayaba.	10
Figura 10. Envasado de guayaba en atmósfera modificada.	22
Figura 11. Determinación de Sólidos Solubles ($^{\circ}$ Bx).	44
Figura 12. Determinación de la acidez en la muestra de Guayaba.	45
Figura 13. Determinación de la Firmeza.	45
Figura 14. Determinación de color.	46
Figura 15. Determinación de Vitamina C.	48
Figura 16. Analizador de gases (A) y Sistema de ventilación (B).	49
Figura 17. Determinación de CO ₂ y O ₂ con temperaturas de 8 y 20°C, películas PD-961 y PD-900.	50
Figura 18. Cambios en la respiración de la guayaba durante el almacenamiento a 20°C.	53
Figura 19. Cambios en pH de guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B).	55
Figura 20. Cambios en la acidez de guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán, almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B).	56
Figura 21. Cambios en los sólidos solubles en guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán, almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B).	58
Figura 22. Cambios en firmeza de guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán, almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B).	60
Figura 23. Pérdida de peso en guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán, almacenadas: 15 días a 20°C y 30 días a 8°C.	61

Figura 24. Cambios de color en guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán, almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B).	63
Figura 25. Cambios en el contenido de vitamina "C" (ácido ascórbico), guayabas cultivadas de Aguascalientes y Michoacán, almacenadas a temperatura de: 20°C (A) y 8°C (B).	65
Figura 26. Cambios en la respiración de guayabas cultivadas de Aguascalientes y Michoacán, almacenadas a temperatura de: 20°C (A) y 8°C (B).	66
Figura 27. Efecto en la maduración de guayabas de Michoacán conservadas a temperatura de 8°C (A, B) y Aguascalientes conservadas a temperatura de 20°C (C, D) al inicio y al final del almacenamiento.	68
Figura 28. Cambios en la respiración de guayabas conservadas en atmósferas modificadas, utilizando dos películas PD-961 y PD-900 y almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B).	71
Figura 29. Cambios en el contenido de sólidos solubles en guayabas conservadas en atmósferas modificadas, utilizando dos películas PD-961 y PD-900 y almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B).	72
Figura 30. Cambio en el pH de guayabas conservadas en atmósferas modificadas, utilizando dos películas PD-961 y PD-900 almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B).	73
Figura 31. Cambios en la firmeza de guayabas conservadas en atmósferas modificadas, utilizando dos películas PD-961 y PD-900 y almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B).	74
Figura 32. Cambio en la acidez de guayabas conservadas en atmósferas modificadas, utilizando dos películas PD-961 y PD-900 y almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B).	75
Figura 33. Cambios en el contenido de vitamina "C " en guayabas conservadas en atmósferas modificadas, utilizando dos películas PD-961 y PD-900 y almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B).	76
Figura 34. Pérdida de peso de guayabas conservadas en atmósferas modificadas, utilizando dos películas PD-961 y PD-900 almacenadas a: 20°C (A) y	

	8°C (B).	77
Figura 35.	Cambios de color en maduración de guayabas tratadas en atmósferas modificadas utilizando dos películas PD-961 y PD-900 almacenadas a: 20°C (A,C,E) y 8°C (B,D,F).	79
Figura 36.	Efecto de la conservación en materiales de diferentes películas PD-961 y PD-900 en el color de guayabas almacenadas a: 20°C(A) y 8°C (B).	79
Figura 37.	Niveles de O ₂ y CO ₂ en el espacio de cabeza del interior de los envases utilizados en almacenamiento de atmósferas modificadas con diferentes películas PD-961 y PD-900 y conservadas a 20°C (A,B) y 8°C (C;D).	81
Figura 38.	Efecto de la calidad de las guayabas con dos diferentes películas PD-961 y PD-900, almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B).	83

RESUMEN.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del almacenamiento en atmósfera modificada (AM) en los parámetros químicos, fisicoquímicos y sensoriales de la guayaba producida en Michoacán.

Se realizó la caracterización física, química y fisiológica de la guayaba de Michoacán y se comparó con las características de la guayaba producida en Aguascalientes, almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración. Se encontró mayor cantidad de sólidos solubles ($^{\circ}\text{Bx}$) en las guayabas procedentes de Aguascalientes comparadas con las de Michoacán. El contenido de ácido ascórbico (vitamina C), fue mayor en las guayabas procedentes de Michoacán (256 mg ácido ascórbico/100 g muestra), mientras que las guayabas de Aguascalientes presentaron valores de 150 mg ácido ascórbico/100g muestra, al final del almacenamiento en refrigeración. Las guayabas de Aguascalientes presentaron una menor firmeza en las diferentes temperaturas de almacenamiento. La pérdida de peso fue mayor en ambas guayabas almacenadas a temperatura ambiente, 20 y 24%, mientras que en refrigeración alcanzaron un 15 y 13% de pérdida. Las pruebas sensoriales indicaron algunas relaciones entre los análisis fisicoquímicos y las apreciaciones sensoriales de los frutos. Los panelistas evaluaron como aromáticas y dulces a las guayabas procedentes de Aguascalientes, mientras que las de Michoacán fueron evaluadas como ligeramente aromáticas y dulces.

Para la conservación y mejoramiento de la calidad de las guayabas de Michoacán se aplicó un almacenamiento en atmósferas modificadas utilizando dos películas (marca Criovac) con diferente permeabilidad a los gases (PD-961 y PD-900) a temperatura ambiente y en refrigeración. Se encontró un 10% de pérdida de peso en las guayabas controles, mientras que con en los frutos conservados en AM alcanzaron pérdidas del 1%,

en almacenamiento en refrigeración. El comportamiento fue similar cuando los frutos fueron conservados a temperatura ambiente, encontrándose que los frutos control registraron una pérdida de peso del 20%, mientras que los frutos conservados en AM alcanzaron un 2.3%. La utilización de AM y la conservación en frío permitieron mantener los niveles de ácido ascórbico (vitamina C) en las guayabas durante su almacenamiento. La aplicación de atmósferas modificadas en la conservación de guayaba permitió alargar la vida útil del fruto, sin afectar los parámetros de calidad: contenido de sólidos solubles, pH, acidez, color y ayudaron a controlar la pérdida de peso

1. INTRODUCCIÓN.

La guayaba es un cultivo de América Tropical y actualmente se encuentra difundido en todo el mundo, los principales productores son: Pakistán, Egipto, México, Bangladesh, Estados Unidos, Brasil, Colombia, Malasia, Tailandia, Perú, Sudáfrica, Venezuela, Indonesia, y República Dominicana (PROEXANT, 2003). México se encuentra entre los principales países productores de guayaba en el mundo y la zona del Bajío (Michoacán, Aguascalientes y Zacatecas) es una de las más importantes del país. En la actualidad el estado de Michoacán se encuentra en el primer lugar de producción nacional (Caamal 2001).

El fruto de guayaba es sensible al daño por frío y se infesta con una gran variedad de enfermedades e insectos, ocasionando pérdidas significativas. En varios frutos se han desarrollado tratamientos térmicos, los cuales tienen efectos positivos sobre el control de varios patógenos e insectos, también se reduce el problema del daño por frío. La guayaba es considerada como una de las frutas tropicales más exóticas y versátiles a nivel mundial, ya que no sólo se puede consumir en fresco, sino también en una gran variedad de productos semi-industriales e industriales. El comercio de la guayaba en fresco es muy pequeño a nivel mundial, en comparación con otros productos frutales con producción menos dispersa como el mango. Sin embargo, este cultivo ha venido cobrando auge durante los últimos años debido a los nuevos regímenes alimenticios de la población.

En México el 80% de la producción es destinada al consumo en fresco, debido a su alto contenido de vitamina C, fibras y sobre todo por su exquisito sabor, por lo que esta fruta es considerada una de las diez más importantes producidas en nuestro país. Además de que se cuenta con las condiciones agroclimáticas requeridas para el crecimiento de este cultivo, en cada una de las regiones productoras.

Para extender la vida de útil y controlar los desordenes fisiológicos presentes en la guayaba, pueden utilizarse una serie de métodos físico-químicos, ya que desde hace unos años los tratamientos químicos utilizados comúnmente para el control de enfermedades y alteraciones

postcosecha de frutos se están prohibiendo o restringiendo en muchos países porque son potencialmente tóxicos para el hombre y perjudiciales sobre el medio ambiente. Las características de esta fruta pueden variar dependiendo de la estación del año, el tipo de cultivar, estado fisiológico, estado de madurez y/o prácticas de cultivo, por lo que realizar una caracterización fisiológica, nutricional, sensorial y comercial del fruto producido por el estado de Michoacán permitirá establecer una estrategia para poder mejorar su posición en el mercado nacional y ganar mercados internacionales.

La utilización de atmósferas modificadas (AM) permite proteger a los alimentos frente a la alteración, la contaminación y alarga su vida útil (Vickiea *et al.*,1998). Para prolongar la supervivencia de los vegetales después de recolectados es necesario frenar su metabolismo y retrasar la maduración y la senescencia (Lamua 2000).

La conservación en atmósfera modificada (AM) consiste en envasar los frutos refrigerados en una película de un polímetro plástico, de dimensiones reducidas, selectivamente permeable a los gases presentes en el aire y provista de un cierre hermético. Existen amplias ventajas del envasado en AM; la reducción de los niveles de O₂ y enriquecimiento en CO₂ puede reducir la intensidad de la respiración, retrasar la maduración, disminuir la producción y la sensibilidad al etileno, retrasar la pérdida de firmeza, reducir los cambios de la composición asociados con la maduración, mantiene el color y evitar la pérdida de vitaminas de los productos frescos, de ese modo se preserva la calidad y se alarga la vida útil (Parry R.T. 1995).

Por lo tanto, es importante resaltar que la guayaba es un cultivo con grandes potenciales, por lo que es necesario mejorar su manejo postcosecha para evitar enfermedades y desordenes fisiológicos, así como caracterizar el comportamiento fisiológico y comercial de diferentes cultivares producidos en México, desarrollando tratamientos que permitan mejorar su calidad para poder establecer estrategias comerciales y de esta manera mejorar su posición en el mercado nacional y/o internacional.

2. ANTECEDENTES.

2.1 LA GUAYABA.

La guayaba es un fruto de forma ovoide o periforme, de color amarillo-verdoso en su exterior o amarillo claro en plena madurez. La pulpa es de color blanco amarillento, rosado o rojo, según la variedad, de sabor dulce o ácido y aromático, las semillas son numerosas y amarillas (Figura 1). Esta fruta pertenece a la familia de las Mirtáceas, del género *Psidium* y especie *guajava* (Mata y Rodríguez, 1990;; Ruiz,, 1983).



Figura 1. La guayaba.

2.1.1 ORIGEN.

La guayaba es originaria de América posiblemente de algún lugar de Centroamérica, el Caribe, Brasil o Colombia. Después de la llegada de Colón al nuevo continente, esta fruta se propagó a otros continentes, a tal grado que llegó a creerse que era originaria de Indochina y de Malasia (Ibarra, 2000).

El centro de origen del guayabo no está claramente definido, ya que no existe concordancia entre los principales estudios del cultivo. Las propuestas más aceptadas ubican el origen en el área comprendida entre México y Perú. La hipótesis que se tiene para situar a América como el centro de origen del guayabo se sustenta por un lado, por las más de 140 especies que comprenden el género *Psidium*, distribuidas principalmente en el trópico americano y sólo una pequeña porción en el Oeste de la India, y por otro lado, por los distintos nombres que se le han dado a las razas nativas (Caamal, 2001; Mata y Rodríguez, 1990).

Los principales nombres que se conocen en México son: Chalxocotl (en náhuatl), al-pil-ca (chontal), pichi o chac-pichi (maya), posh (mixe), enandi (tarasco), a'sihuit't (totonaca), bjui (zapoteco) entre otros, (Pennington y Sarukhán, 1968). En Brasil se denomina araca-iba al árbol y araca guacú a la fruta. Estos elementos refuerzan el planteamiento de que el centro de origen del guayabo se encuentra en el continente americano. Se considera que la domesticación del cultivo data de más de 2000 años (Mata y Rodríguez, 1990).

2.1.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LA GUAYABA.

El cultivo del guayabo se ha propagado en regiones de todo el mundo, debido a su alto poder de diseminación, adaptabilidad y a la formidable vitalidad de sus pequeñas semillas.

El hombre, el ganado, los roedores y las aves han sido y siguen siendo sus más eficientes vehículos de difusión. Las estadísticas reflejan que actualmente el guayabo se puede encontrar en todos los continentes, especialmente en los países tropicales y subtropicales (Caamal, 2001).

El cultivo del guayabo en su expansión, de Brasil pasó a China Meridional y de ahí a Europa, por lo que en este continente se pensó que era originario de China, lo cual no es cierto, ya que los datos reflejan que su centro de origen es América (ASERCA, 2004).

2.2 PRODUCCIÓN Y COMERCIO MUNDIAL DE LA GUAYABA.

2.2.1 PRODUCCIÓN MUNDIAL.

El mercado mundial de la guayaba es aún restringido en comparación con aquellos otros frutales con producción menos dispersa y más tecnificada. Esta circunstancia se refleja en una generalizada carencia de información estadística específica para la guayaba; las fuentes internacionales, incluyendo la FAO, la consignan en forma agregada con el mango y los mangostanes.

Sin embargo, haciendo acopio de la información cualitativa y cuantitativa existente acerca de la producción y el comercio mundial del producto, puede señalarse que los principales países productores de guayaba en el mundo son (Figura 2): Pakistán, Egipto, México, Bangladesh, Estados Unidos, Brasil, Venezuela, Colombia, Malasia, Tailandia, Perú, India, Sudáfrica, Indonesia y República Dominicana (ASERCA, 2004).



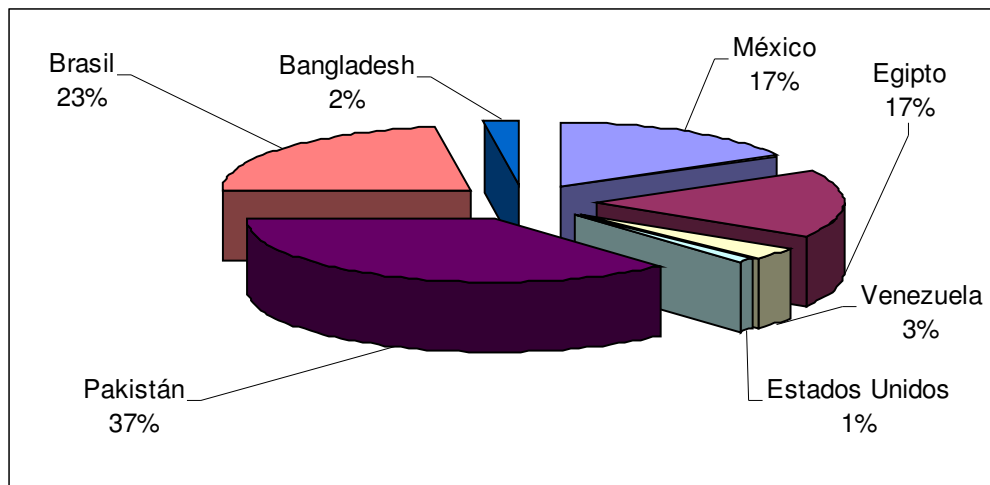
Figura 2. Principales países productores de guayaba.

En la década de los ochentas la India y México mantuvieron el liderazgo productivo con 165,000 y 127,000 toneladas, respectivamente; Pakistán se colocó en tercer lugar con 105,000 toneladas; y Egipto fue desplazado de la tercera a la cuarta posición. En los noventa Pakistán, Brasil, Egipto y México, ocuparon los cuatro primeros lugares. Mientras que en el 2004, el primer lugar se encontró Pakistán, seguido por Egipto y México como se puede observar en la figura 3 (ASERCA,2004).

La información refleja que en general, México ocupó del segundo al cuarto lugar en producción durante las últimas tres décadas. Los países que reportaron mayor superficie sembrada en 1990 fueron la India con 60,000 hectáreas y México en segundo lugar, con 20,000 hectáreas (ASERCA, 2004).

La tasa de crecimiento de la producción en los últimos tres lustros de estos países es: Pakistán 282.8%, Brasil 825.9%, México 46.4% y Egipto 541.3%. Lo anterior refleja que México es el que ha tenido una tasa de crecimiento menor entre los principales países productores (Caamal, 2001).

Figura 3. Producción de guayaba en el mundo, en el año 2004.



Fuente: Elaborado con información recopilada de ASERCA (2004).

2.2.2 COMERCIO MUNDIAL.

El mercado mundial de la guayaba en fresco es muy pequeño. La participación de la exportación de la fruta en el comercio exterior de los diferentes países que comercializan la guayaba en fresco es notoriamente insignificante, generalmente de un orden menor al 0,1% respecto a su aporte dentro del total de alimentos exportados. El comercio de procesados a partir de guayaba, aunque menor comparado con el de otros productos tropicales procesados, es mucho mayor que el comercio en fresco y cobra importancia especialmente en Europa. Egipto es el mayor exportador de guayaba fresca. Brasil, México, República Dominicana e India son los principales exportadores de procesados de guayaba (ASERCA, 2004).

2.2.3 PAÍSES EXPORTADORES E IMPORTADORES.

Los países exportadores de guayaba son también, en general, los principales productores, entre los cuales destacan: Egipto, Colombia, México y Brasil. La proporción que presenta las exportaciones en la producción es pequeña, la mayor parte de la guayaba producida se consume en el propio país (Koller, 1996).

El principal mercado de México es Estados Unidos de América; sin embargo, dada la presencia de la mosca de la fruta en las principales zonas productoras de guayaba en México, Estados Unidos estableció desde 1989 restricciones fitosanitarias a las importaciones mexicanas, (en la actualidad se está trabajando para lograr la comercialización de las guayabas en Estados Unidos), aunque es válido decir que los niveles de exportación anteriores a 1989 nunca representaron más del 0.2% de la producción nacional, medida que ha limitado el aumento de la producción y de las exportaciones de México (ASERCA, 2004).

2.3 PRODUCCIÓN DE GUAYABA EN MÉXICO.

2.3.1 DISTRIBUCIÓN NACIONAL Y PRODUCCIÓN.

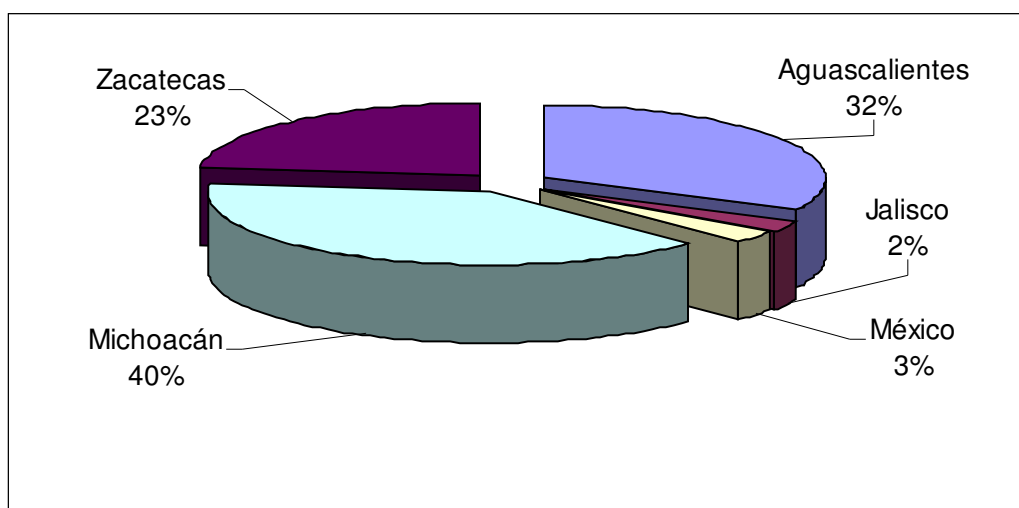
En México, el guayabo se cultiva en 27 estados, se encuentra desde el Sur de Tamaulipas hasta la Península de Yucatán, en el vértice del Golfo; del Este de San Luis Potosí al Norte de Puebla, en la región, Centro-Norte; desde Sonora hasta Chiapas, en el vértice del Pacífico. El cultivo se encuentra en 17 estados principalmente, destacando **Michoacán, Aguascalientes y Zacatecas**. En

Michoacán, la producción comercial de guayaba es reciente, aunque existen algunas plantaciones con edad de más de 30 años; en Aguascalientes se cultiva desde hace aproximadamente un siglo ocupando desde 1960, el primer lugar de producción hasta el 2000 ya que en la actualidad el estado de Michoacán ocupa el primer lugar de producción de guayaba a nivel nacional y en Zacatecas se empezó a cultivar entre 1955 y 1958 (Ibarra, 2000; SAGARPA, 2001).

2.3.2 ESTRUCTURA DE LA PRODUCCIÓN.

La superficie sembrada de guayaba en nuestro país en el año 2005 fue de 23,497 hectáreas, contribuyendo con mayor superficie establecida los estados de Michoacán, Aguascalientes y Zacatecas con el 38%, 29% y 22%, respectivamente (Figura 4); entre los 3 estados contribuyen con el 90% del área total establecida de este cultivo (SAGARPA, 2005).

Figura 4. Superficie cosechada de guayaba en México Año agrícola 2005

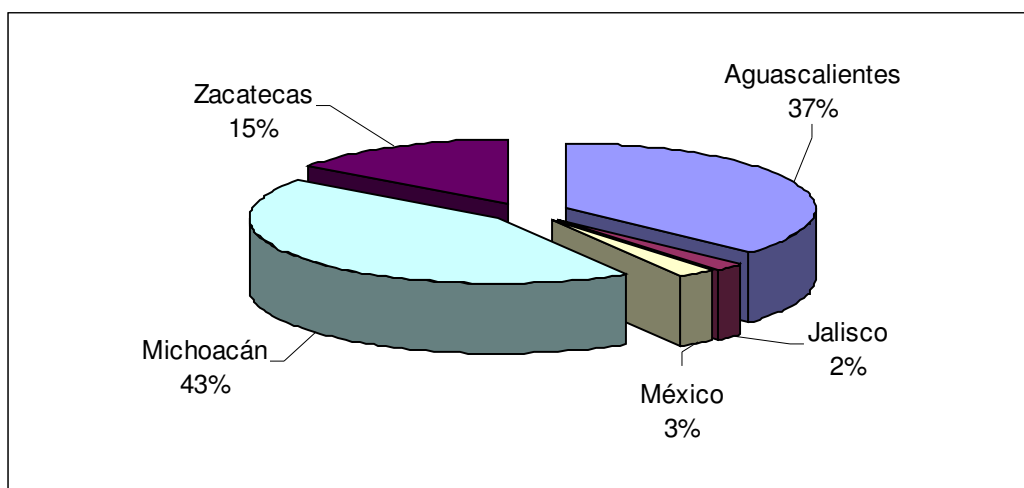


Fuente: Elaborado con datos de Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con información de las delegaciones de la SAGARPA en los estados.

El mayor rendimiento en la producción de guayaba se obtiene en el estado de Aguascalientes (15,757 ton/ha). Este estado, en términos de valor de la producción que aporta, se encuentra en primer lugar (40%), seguido por Michoacán (38%) y Zacatecas (22%).

En la figura 5 se muestra la participación del valor de la producción de guayaba por estado en el año 2005, en donde se muestra que Michoacán, Aguascalientes y Zacatecas fueron los principales productores. En conjunto estos tres estados aportaron el 95% de la producción total que fue de 298,653 toneladas.

Figura 5. Participación del valor de la producción de guayaba por estado. Año agrícola 2005.



Fuente: Elaborado con datos de Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con información de las delegaciones de la SAGARPA en los estados.

2.4 ASPECTOS FISIOLÓGICOS, QUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS.

2.4.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.

La clasificación taxonómica de la guayaba se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la guayaba.

Orden	<i>Myrtales</i>
Familia	<i>Myrtaceae</i>
Subfamilia	<i>Myrtoideae</i>
Tribu	<i>Myrteae</i>
Género	<i>Psidium</i>
Especie	<i>Guajava</i>
Nombre científico	<i>Psidium guajava L.</i>

Fuente: Caamal (2001).

2.4.2 VARIEDADES.

En México no se cuenta con un programa de selección y los cultivares criollos de que se dispone se manejan como variedades, tales como la regional calvillo, china, media china, la labor, acaponeta, coyame, selección media china, criolla de mascotas, criolla de las costas, entre otras; siendo la criolla **media china y china** las más difundidas, en cambio en Brasil, Estados Unidos, India y Egipto, se pueden encontrar variedades seleccionadas, (Mata y Rodríguez, 1990; SEDAGRO-SAGARPA, 1999).

2.4.2.1 PRINCIPALES VARIEDADES EN AMÉRICA.

Las principales variedades en América se describen a continuación (Proexant, 2004):

Psidium friedrichtalianum (Berg.) Nied.- Es una especie originaria de América Central, comúnmente llamada "Guayaba de Costa Rica" o "Cas", es una variedad altamente ácida y utilizada en mermeladas y postres, el árbol es de tamaño pequeño a mediano con tronco delgado y ramas, la corteza es suave y de un café profundo, las ramificaciones jóvenes son cuadrangulares, de color rojizo, ligeramente peludas y ásperas.

Psidium littorale Raadi var. Longipes (Berg) Fosb. .- Es originaria de Brasil y comúnmente llamada "Guayaba fresa", siendo la especie de mejor sabor de las guayabas comestibles, también crece en Malasia, las dulces frutas son excelentes en estado fresco, posee un sabor dulce y un fuerte aroma.

Psidium littorale Raddi var. Littorale Bailey .- Comúnmente llamada "Guayaba China" es también originaria de Brasil, el árbol es extendido y no es ornamental, las frutas son muy grandes, amarillos, dulces pero con un sabor menos agradable que las anteriores.

2.4.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y MORFOLÓGICA.



Figura 6 . Árbol de guayaba en la etapa de producción.



Figura 7. Fruto próximo a ser cosechado.

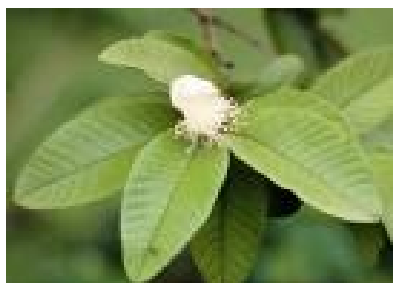


Figura 8. Flor de la

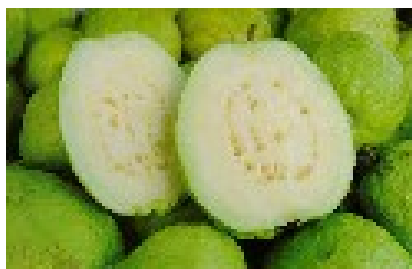


Figura 9. Pulpa y Semillas de la guayaba.

1.7.1 El árbol de guayaba.

El guayabo es una planta o arbustiva que alcanza una altura de 3 a 10 metros y su fruto se conoce como guayaba (Camal, 2001). El tronco del árbol es generalmente retorcido, alcanzando un diámetro de hasta 60 cm, su copa es irregular (Pennington y Sarukhán, 1968).

El guayabo es, generalmente, un árbol bajo o un arbusto arborescente de 3 a 10 m de altura que, bajo ciertos cuidados y condiciones climáticas, puede alcanzar hasta 20 m (Figura .6) . (Mata y Rodríguez, 1990).

1.7.3 Hojas.

Las hojas del guayabo son de color verde claro u oscuro, ovaladas en forma opuesta, con nervaduras bien marcadas, abundantes puntos granulosos transparentes en la lámina; hojas fragantes cuando se estrujan (Figura .7); copa irregular, hojas simples; láminas de 3 a 13.5 cm de largo por 1.5 a 6 cm de ancho, ovales, oblanceoladas, oblongas o elípticas, miden de 3 a 6.5 cm de ancho y de 5 a 15 cm de largo (Camaal, 2001; Mata, 1993).

1.7.4 Flores.

Sus numerosas flores son de color blanco con varios estambres, solitarias o en cimas hasta de 8 cm (Figura. 8), axilares, flores dulcemente perfumadas, actinomorfas; sépalos 4 a 5, verdes en el exterior y blancos en el interior, pétalos 4 a 5, blancos (Caamaal, 2001).

1.7.5 Fruto.

El fruto es una esfera pulposa coronada en su extremo, también se define como una baya esférica (Figura .9). Sus dimensiones varían enormemente de una variedad a otra, es averrugado o liso, densamente punteado, brillante (Mata, 1993).

Pulpa amarillenta de sabor muy agradable y comestible (Pennington y Sarukhán, 1968).

El color de su carne es muy variable: puede ser blanco, blanco amarillento, rosado, amarillo, naranja y salmón. El sabor de la fruta completamente madura es dulce a ligeramente ácido y algo

2.4.4 PROPIEDADES FÍSICO-QUIMÍCAS DE LA GUAYABA.

Algunas de las principales propiedades físicas de la guayaba se refieren a: peso, densidad, calor específico, porosidad, jugosidad, textura y proporción de partes comestibles (Tabla 2).

La guayaba está constituida alrededor de un 20% de cáscara, 50% de pulpa y 30% de semilla en su interior (Ruiz, 1983).

Tabla 2. Características físico-químicas de la guayaba.

Característica	Contenido
Longitud (cm)	3.9 – 9.8
Diámetro (cm)	4.2 – 8.3
Peso Fruta (gramos)	50 – 500
Volumen (ml)	210 – 300
Gravedad específica (g/ml)	0.94 – 1.11
Espesor de la piel (cm)	1.3 – 3.5
No. de semillas por fruta	4 – 570
Peso de la semilla por fruta (g)	0.4 - 4.4
Sólidos solubles totales (g/100 g)	8.0 – 19.4
Acidez (% cítrico)	0.08 – 2.20
pH	4.1 – 5.4

Fuente: Reyes (2002).

Otras características fisicoquímicas pueden presentar cambios significativos durante la etapa de maduración. Como en el caso de los sólidos solubles que se incrementan durante esta fase, igual que la acidez (Reyes, 2002). El tipo de ácido predominante cambiará a lo largo del proceso de maduración.

2.4.4.1 CLASIFICACIÓN FÍSICA.

De acuerdo con la textura, tamaño, limpieza de piel, olor, color, la fruta se clasifica en las siguientes calidades (Ibarra, 2000).

Esta norma se aplica a las variedades de guayabas de *Psidium guajava* L., de la familia de las *Myrtáceas* que habrán de suministrarse frescas al consumidor.

Extra. Es la de mayor tamaño y limpieza, con diámetro de 5.4 centímetros o más, de textura firme.

Primera. Tiene un diámetro de 4.3 a 5.3 centímetros, con textura firme, color y limpieza.

Segunda. Que es la fruta de 3 a 4.2 centímetros de diámetro.

Tercera. Es la fruta de menor tamaño, floja de textura, con manchas por el “picudo” o las “pecas” o en avanzado periodo de maduración de la fruta.

Uno de los problemas que se presentan en el procesamiento de la guayaba se refiere al alto índice de desperdicio. En la Tabla 5 se observa que este índice alcanza un 4%.

El peso promedio de la guayaba de variedad promedio tiene como mínimo 30gr y máximo 100gr, la proporción de parte no comestible es de 4% (Morales, 1976).

En el procesamiento de la guayaba, la porosidad de los tejidos comestibles juega un papel importante. Para eliminarla es necesario un cocimiento prolongado que suaviza los tejidos y complica la manufactura de algunos productos (Tabla 3).

Tabla 3. Densidad y porosidad de la parte comestible de la guayaba.

Fruta	Densidad (g/cm ³)	Porosidad (%)	Densidad de frutas precocidas (g/cm ³)	Porosidad de frutas precocidas (%)	Reducción en la porosidad después del precocido (%)
Guayab a	1,051	17.0	1,067	7.3	57.0

Fuente: Morales (1976).

2.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRITIVO DE LA GUAYABA.

El amplio uso del fruto en la dieta se justifica por su aceptable valor nutritivo. La composición química varía grandemente entre cultivares y entre localidades. En la tabla 4 se muestran los componentes y sus cantidades en 100 gramos de muestra.

Tabla 4. Composición química promedio de la guayaba.

Componente	%
Agua	77
Proteína	0.95
Grasa	0.45
Carbohidratos	11.7
Fibra	8.15
Cenizas	0.95
Pectina	0.5 – 1.8
Coeficiente de digestibilidad	90

Fuente: Mata y Rodríguez (1990)

En la tabla 5 se muestra el contenido de minerales y vitaminas de la guayaba, encontrándose que es rico en calcio y fósforo principalmente, y presenta un alto contenido de vitamina C y A.

Tabla 5. Valor Nutritivo promedio de la guayaba.

Minerales y /o Vitaminas	(mg)
Calcio	33
Fósforo	39
Sodio	23
Potasio	12
Hierro	0.74
Tiamina	0.05
Riboflavina	0.04
Niacina	1.2
Ácido ascórbico	337-700
Vitamina A	250

Fuente: Valor Nutritivo de los Alimentos. Instituto Nacional de Nutrición (1992).

La principal contribución nutricional de las frutas y sus productos procesados es su aporte de vitamina C ó ácido ascórbico. Aunque las diferentes frutas varían sustancialmente su contenido de esta vitamina, como grupo de alimentos constituyen la principal fuente de ácido ascórbico para el hombre (Ruiz, 1983).

La guayaba presenta un elevado contenido de vitamina C, 700 mg/100 gramos ó más (OEA, 1976). La concentración de ácido ascórbico en el fruto no es uniforme; decrece gradualmente de la cáscara hacia el interior, encontrándose una relación aproximada de 3:2:1 en cáscara, pulpa y semillas, respectivamente. La guayaba de casco grueso (característica deseable) presenta proporcionalmente una concentración de ácido ascórbico disminuida a comparación de una guayaba con casco de menor espesor; cabe la observación de que las guayabas criollas generalmente tienen un casco más delgado. Sin embargo, los factores que afectan directamente el contenido de este nutriente son: cantidad de luz, calor, agua, fertilizantes, tipo de suelo, entre otros factores (Ruiz 1983).

La cantidad de vitamina depende del estado de madurez del fruto. En el Tabla 6 se muestra el efecto del estado de madurez en el contenido de esta vitamina (Ruiz 1983).

Tabla 6. Efecto del estado de madurez de la fruta en el contenido de Vitamina "C".

Variedad	Vitamina C (mg / 100 gramos)		
	Russouw	Malherbe	Retief
Estado de Madurez			
Verde y maduro	----	720	622
Verde amarillento (sazón)	----	684	614
Amarillo verdoso	484	751	542
Amarillo y enteramente maduro	522	761	583
Sobre maduro	522	673	557
Sobre maduro en exceso	----	697	476

Fuente: Ruiz (1983).

La calidad de la fruta se considera de acuerdo a su textura, color, sabor, limpieza exterior y tamaño. La limpieza depende de la eliminación de plagas tales como el picudo, que deja huellas de pequeños círculos de color café, con apariencia de corcho, y la peca, que da una tonalidad café rojiza por la incidencia de manchas circulares pequeñas.

Aquellos frutos sin una variedad definida, pequeños, ácidos y con un elevado contenido de semillas y células pétreas se denominan *criollos*; debido a las características ya mencionadas se consideran de inferior calidad y tienen poca aceptación. No obstante, algunos tipos presentan un elevado contenido de ácido ascórbico hasta de 700 mg/100g (Ruiz 1983).

2.5.1 CAMBIOS BIOQUÍMICOS Y FISIOLÓGICOS DURANTE LA MADURACIÓN.

Los principales cambios producidos durante la maduración en la mayoría de los frutos incluyen cambios en el sabor, aroma, textura y color; además de cambios en la composición química y el metabolismo (Trejo, 2000).

El grado de madurez y la calidad de la fruta puede definirse tanto por el color en la piel y la pulpa, como por sus características de sabor y firmeza. La cosecha finaliza el intercambio de materia entre la fruta y el resto del vegetal. Como sistema biológico independiente, la fruta cosechada exhibe considerable actividad química en la que los procesos respiratorios, juegan un papel muy importante. Bajo condiciones aeróbicas, las frutas continúan respirando y se oxidan sus reservas de carbohidratos. Se producen muchos cambios químicos y la mayoría de ellos influyen directamente en la calidad. Algunos de esos cambios son: desaparición de la astringencia, cambios de acidez, desaparición de la clorofila y síntesis de algunos pigmentos, ablandamiento de los tejidos debido a la descomposición de las pectinas, desarrollo de algunos constituyentes del olor, y destrucción de otros, etc. Muchos de estos cambios se hallan interrelacionados con la respiración o dependen de ella (Orozco, 2002).

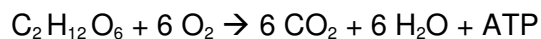
La maduración se ha definido como el conjunto de cambios que ocurren en el fruto desde las últimas etapas del crecimiento hasta las primeras etapas de la senescencia y que hacen que el fruto tenga unas características organolépticas que lo hacen adecuado para el consumo (Watada *et al.*, 1984)

2.5.1.1 PRODUCCIÓN DE ETILENO Y RESPIRACIÓN.

La guayaba es un fruto climatérico que se caracteriza por presentar un incremento en la respiración acompañado de una producción autocatalítica de etileno y cambios rápidos en su composición que conducen a la maduración (Akamine y Goo, 1979).

La respiración es un proceso metabólico fundamental en el que se produce la degradación oxidativa de sustratos complejos (azúcares y ácidos orgánicos) hasta moléculas simples (CO_2 y H_2O), con liberación de energía utilizable por los sistemas celulares.

La intensidad respiratoria se mide por la cantidad de anhídrido carbónico (CO₂) que desprende de una unidad fija del fruto o por la cantidad que ella consume de oxígeno (O₂), en una atmósfera normal, de acuerdo a la reacción de la respiración aerobia: (Orozco 2002).



El término Climaterio fue establecido por Kidd y West en 1925 y se ha definido como el conjunto de cambios físicos, químicos, fisiológicos y metabólicos, asociados al aumento en la tasa respiratoria que ocurre durante la transición entre la fase del crecimiento y la senescencia, en los que juega un papel primordial el etileno (Biale y Young, 1981).

La tasa de respiración y producción de etileno dependen del cultivar y del estado de madurez fisiológica y de consumo. La producción de etileno a 20 °C (68 °F) varía de 1 a 20 µl/Kg.h y la tasa de respiración de 20 a 80 ml CO₂/Kg.h, para las variedades de guayaba de pulpa blanca. La fruta alcanza el climaterio a los cuatro o seis días después de la cosecha a temperatura ambiente y a los ocho días se inicia el desarrollo de pudriciones (Orozco, 2002).

La velocidad a la cual ocurre la respiración se conoce como actividad respiratoria, el conocimiento de ésta en frutas y vegetales es fundamental para la conservación de su calidad, ya que se ha encontrado una relación inversa entre actividad respiratoria y vida poscosecha, es decir, entre mayor sea la primera, menor será la segunda (Orozco, 2002).

La actividad respiratoria depende de múltiples factores, entre ellos, el tipo de fruta o vegetal y de su temperatura de almacenamiento. En cuanto a la temperatura, entre mayor sea, mayor será la actividad respiratoria, estimándose que por cada incremento de 10°C, la actividad respiratoria se duplica o triplica (Orozco, 2002).

La pérdida de humedad durante la maduración de la guayaba es uno de los problemas que causa deterioro en la calidad. La guayaba "Kampuchea" ha registrado hasta un 35% de la pérdida de peso, lo que provoca una disminución en el potencial de agua del tejido. Una transpiración excesiva puede provocar una pérdida de peso y acelerar la maduración (Ali y Lazan, 1989; Mitra, 1997).

2.5.1.2 CAMBIOS EN EL COLOR Y EN LA TEXTURA.

Dependiendo del cultivar, algunos frutos presentan cambios en el color de la piel, de verde a amarillo, mientras que otros permanecen de color verde durante el proceso de la maduración. El color de la pulpa, presenta cambios de blanco a un color crema, o de amarillo rozado a rosa profundo o rojo salmón (Wilson, 1994; Lim y Khoo, 1990).

El cambio de color está asociado a la degradación de clorofilas, la cual enmascara otros pigmentos presentes en el fruto no maduro como los β carotenos. Sin embargo, en la mayoría de los frutos, la pérdida de clorofila está acompañada de la biosíntesis de otros pigmentos, principalmente carotenoides y antocianos.

La textura del fruto puede variar de acuerdo al cultivar y a la zona del tejido evaluado. En diferentes variedades de guayaba los cambios en la firmeza durante la maduración van acompañados con la disminución en los niveles de pectina total. Estos cambios en los niveles de pectina van asociados a un aumento en la solubilización de los carbohidratos de la pared celular. Además de la pectina, la hemicelulosa y la celulosa sufren cambios durante la maduración (Pal, 1998).

El contenido total de fibra de la pulpa disminuye significativamente de 12 a 2% durante la maduración. Este cambio se atribuye a la disminución de pectina y hemicelulosa (Mitra, 1997).

Los cambios en la textura principalmente están relacionados con los cambios durante la maduración en las actividades de las enzimas: poligalacturonasa, pectinasa, β -galactosidasa y celulasa, dependiendo del cultivar que se trate (Mitra, 1997).

2.5.1.3 CAMBIOS EN EL AROMA Y SABOR.

El sabor de la guayaba esta determinado principalmente por el tipo y cantidad de azúcares, ácidos, fenoles y compuestos volátiles que están presentes en el fruto. La proporción de estos constituyentes pueden variar dependiendo del estado fisiológico y del cultivar (Wilson *et al.*, 1994). Los azúcares totales generalmente aumentan durante la maduración del fruto. En las guayabas maduras, la fructosa es el azúcar mayoritario seguido de la glucosa y la sacarosa. Los cambios en los niveles de estos tres azúcares durante la maduración producen cambios en los azúcares totales (Wilson *et al.*, 1994).

Los niveles de acidez, calculado como ácido cítrico (ácido mayoritario en guayaba) cambian de 0.2 al 1.1%. Sin embargo, también encontramos la presencia de ascórbico, málico y fumárico. Dependiendo del tipo de cultivar o el estado de madurez, la acidez titulable se incrementa o disminuye durante la maduración. En algunos cultivares, el pH del tejido no cambia o los cambios corresponden a los de la acidez titulable (Mitra, 1997). Los sólidos solubles totales, los cuales se atribuyen principalmente a los azúcares y ácidos orgánicos, generalmente aumentan durante la maduración (Ali y Lazan, 1997).

Otro de los componentes importantes son los compuestos volátiles que se encuentran en la guayaba y que contribuyen al aroma. Principalmente están identificados: alcoholes, ésteres, ácidos e hidrocarburos. La diferencia entre los cultivares y la maduración determinará el tipo y nivel de compuesto volátil en la guayaba (Ali y Lazan, 1997).

La presencia de polifenoles proporcionarán astringencia en el fruto. Las guayabas en estado preclimaterio presentan aproximadamente 620 mg/100g de fenoles totales, un 65% de estos se encuentran en forma de taninos condensados mientras que, en frutos maduros los niveles de taninos disminuyen considerablemente y provocan también una disminución en la astringencia (Ali y Lazan, 1997). La polifenoloxidasas, es la enzima responsable de la oxidación de los polifenoles, la actividad de esta enzima se incrementa durante la maduración, y este fenómeno puede estar relacionado con la disminución de la astringencia en el fruto (Ali y Lazan, 1997).

2.5.2 PÉRDIDAS POSTCOSECHA EN GUAYABA.

En el mundo se pierde entre el 25 al 50% de la producción de productos hortofrutícolas después de la cosecha, como resultado de los procesos de descomposición, infestación por insectos y ataque de microorganismos. Estas pérdidas suelen ser mayores en zonas tropicales y subtropicales debido a las condiciones climáticas prevalecientes. Además de que existe un escaso desarrollo de tecnologías que se puedan aplicar fácilmente a estos productos. Esto trae como consecuencia pérdidas en la producción superiores al 40% en frutos (Mitra, 1997). Los desórdenes fisiológicos, plagas y enfermedades postcosecha pueden ocasionar serias pérdidas tanto en términos de cantidad, como de calidad. La guayaba es afectado por numerosas enfermedades y plagas que reducen la calidad de la producción ocasionando cuantiosas pérdidas (Tabla 7).

Tabla 7. Principales plagas y enfermedades que presenta la guayaba.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	SINTOMATOLOGÍA	CONTROL
PLAGAS			
Nemátodos	<i>Meloidoyne incógnita</i>	Son organismos microscópicos fitoparásitos que atacan la raíz del guayabo, provocando la formación de agallas y severos acorchamientos. Las consecuencias de estos ataques provocan la muerte de algunos árboles, reducción del rendimiento y calidad, poca respuesta de fertilización y al riego, incremento de los costos de producción, entre otros.	Realizar los barbechos de verano, uso de variedades resistentes, solarización del suelo, esterilización de implementos agrícolas que se hayan usado en campos contaminados, incorporación de estiércol, abonos verdes y fuentes de materia orgánica, inundaciones, así como el control químico a base de nematicidas.
Mosca de la fruta	<i>Anastrepha Dacus dorsalis</i>	Perfora y encuba sus huevos en el interior de la fruta, puede producir su necrosis. La mayor incidencia del ataque de la mosca de la fruta, se presenta durante la maduración de los frutos.	Aplicación de insecticidas: malation, fention, tricorfon.
Thrips	<i>Selenorhips rubrocintus</i>	Atacan a hojas y frutos.	Atomizaciones con NEEM, Aplicación de insecticidas. Uso de trampas. Deshierbas. <i>Bacillus thuringiensis</i>
Chupadores	<i>Pseudococidae</i>	Dañan la fruta volviéndose rugosa su piel. Atacan especialmente en épocas secas.	Aplicación de insecticidas. Uso de trampas. Deshierbas. <i>Bacillus thuringiensis</i>
Otras plagas		Las que destacan son : Picudo de la guayaba, mosca blanca, pulgones, escamas, ácaros, entre otros.	Aplicación de insecticidas Uso de Trampas
ENFERMEDADES			
Mancha negra	<i>Phytophthora nicotiane</i>	Provoca manchas en hojas y frutos, estas se cubren luego con un manto algodonoso. Se disemina a través del agua, insectos y aire.	Drenajes, atomizaciones con productos basados en: thriichoderma lingnorum, complejo organofosforados estandarizado, etc.
Antracnosis	<i>Colletotrichum gloesporoides</i>	Afecta hojas, brotes y frutos. Caída de flores y frutos jóvenes. Manchas negras en la cáscara de los frutos.	Aplicación de fungicidas
Enfermedad Rosada	<i>Corticium salmonicolor</i>	Aparecen incrustaciones del hongo en ramas y en las hojas necrosándolas y matándolas.	Drenajes, atomizaciones con productos basados en: thriichoderma lingnorum, complejo organofosforados estandarizado, etc.

Fuente: Elaborada con información de Sica (2004); Mitra (1997), Caamal (2001); SEDAGRO-SAGAR, (1999).

o **Daños mecánicos.**

Otras causas de pérdidas postcosecha son los daños mecánicos. La fruta presenta problemas en cuanto a su calidad, debido en gran parte a los daños producidos por los aditamentos utilizados durante la cosecha y transporte, como también por la maquinaria empleada para empaque. Dicho daño se manifiesta por manchas oscuras, denominado a nivel regional como rozamiento (Zamora *et al.*, 1999).

o **Daños por frío.**

El almacenamiento de frutos a bajas temperaturas es uno de los más utilizados ya que reduce la actividad respiratoria y el metabolismo en general, logrando prolongar la vida comercial de muchos productos. Sin embargo, la mayoría de los frutos y vegetales de origen tropical y subtropical sufren daños cuando se exponen a bajas temperaturas (Trejo, 2000).

Los daños por frío provocan una pérdida de la calidad, manifestada como decoloración, o manchas en la piel (producidas por la muerte celular y necrosis de los tejidos subepidérmicos), pérdida de agua, desorden interno, pérdida de la capacidad de madurar o maduración anormal, aparición de olores y aromas anómalos y degradación de la estructura celular, que proporciona las condiciones ideales para el desarrollo de patógenos (Wang, 1998).

2.5.3 TRATAMIENTOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LA GUAYABA.

La guayaba como producto perecedero requiere del control de elementos como temperatura y humedad relativa para conservarse por más tiempo, con la finalidad de que llegue a su destino final sin problemas de descomposición. Estos factores deben contemplarse y manejarse con rigurosidad en las empacadoras y sistemas de transporte. Por ejemplo, las guayabas frescas destinadas a la confección de jaleas, conservas o productos similares se pueden almacenar durante 2 ó 3 semanas con temperaturas de 5 y 10°C bajo la humedad relativa del 90%, ya que a temperaturas menores las frutas se congelan, lo cual puede producir graves daños en la pulpa y provocar descomposición (Koller y Barrera, 1996). Por otro lado, se ha tratado a esta fruta con recubrimientos de ceras comerciales y cera de la candelilla, evitándose la pérdida de humedad; logrando conservarla por más tiempo (Lara, 1983). Además, pueden aplicarse diversos tratamientos térmicos, atmósferas controladas y modificadas. En la tabla 8 se muestran los principales tratamientos utilizados para mejorar y/o preservar la calidad de la guayaba.

Tabla 8. Principales tratamientos Postcosecha aplicados a la guayaba para mejorar la calidad.

Tipo de tratamiento	Efecto Directo	Referencia
Refrigeración		
Refrigeración	Las bajas temperaturas son una herramienta muy importante para la conservación de los alimentos. Se reportan temperaturas desde 5 hasta 10° C, según la variedad y el estado fisiológico de la guayaba. El almacenamiento a temperaturas menores de 10° C pueden causar daños por el frío en guayabas.	Kader (2000)
Acondicionamiento por calor		
Tratamientos Térmicos	Según la modalidad con la que se aplique el calor, tendremos tratamientos de acondicionamiento o curado, tratamientos de calor intermitente, fluctuaciones de temperatura y los enfriamientos intermitentes. Sin embargo, los más utilizados son los tratamientos de acondicionamiento y los de calor intermitente. Estos tratamientos fueron eficaces para reducir los daños por el frío en guayabas.	Mc Guire <i>et al.</i> (1997); Lurie <i>et al.</i> (1993).
Irradiación		
Irradiación	La irradiación se refiere al fenómeno físico en donde la energía viaja a través del espacio o de la materia. La irradiación es un proceso en el que se aplica esta energía a un material como el alimento para conservarlo, destruyendo microorganismos, parásitos, insectos u otras plagas. Aplicación de rayos gama en dosis de 150, 200 y 300 Gy fueron efectivos para el control de la mosca en guayaba.	Reyes (2002)
Atmósferas Controladas		
AC	El almacenamiento bajo atmósferas controladas consiste en elevar la concentración de CO ₂ y/o reducir la de O ₂ , lo cual disminuye la velocidad de producción de etileno, ayuda al control de antracnosis y a reducir los daños por el frío.	Mitra y Balwin (1997); Wang (1998); Sigh <i>et al.</i> (1993).
Atmósferas Modificadas		
AM	Esta tecnología consisten en modificar la concentración de gas que rodea al fruto utilizando películas de diferentes permeabilidades a los gases. Se aplicaron AM utilizando envases de polietileno con aplicaciones previas de cera y fueron efectivas en guayabas.	Mitra y Balwin (1997); Wang (1998).
Ceras y recubrimientos		
Ceras y recubrimientos	Los recubrimientos con ceras presentan permeabilidad selectiva a los gases (dióxido de carbono y oxígeno) y al vapor de agua, lo que permite reducir la degradación de algunas frutas y hortalizas. Generalmente se utilizan para evitar la pérdida de peso y mejorar la apariencia comercial. La aplicación de recubrimientos con ceras comerciales y cera de candelilla, ayudó a evitar la pérdida de humedad; logrando conservarla por más tiempo la guayaba. Se han utilizado tratamientos que combinan a los térmico y ceras de carnauba.	Lara (1983); Mc Guire <i>et al.</i> (1997).

2.6. ATMÓSFERAS MODIFICADAS.

2.6.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

El envasado en atmósferas controladas y modificadas emergió de empresas comerciales. Se desarrolló en los últimos años de la década de los 50's, con una mínima investigación científica y actualmente, parece haber sobrepasado en importancia a la esterilización en bolsas y bandejas, y al envasado aséptico en Estados Unidos, Canadá y Europa Occidental (Parry, 1995).

A partir de la segunda mitad de la década de los 80's, un súbito conocimiento de la existencia del envasado en atmósferas modificadas y al vacío despertó un manifiesto interés de un pequeño número de investigadores universitarios, productores de plásticos, medios de comunicación especializados y autoridades sanitarias (Brody, 1996).

2.6.23.2 DEFINICIONES.

2.6.2.13.2.1 ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA (EAM).

Método de conservación empaquetado de frutos y hortalizas que implica la eliminación del aire del interior del envase y su sustitución por un gas o mezcla de gases; la mezcla de gases a emplear depende del tipo de producto.

La atmósfera gaseosa cambia continuamente durante todo el periodo de almacenamiento, por la influencia de diferentes factores, como respiración del producto envasado, cambios bioquímicos, y la lenta difusión de los gases a través del envase (Parry, 1995).



Figura 1018. Envasado de guayaba en atmósfera modificada.

2.6.2.2 GENERACIÓN DE LA ATMÓSFERA.

2.6.2.2.1 MODIFICACIÓN PASIVA DE LA ATMÓSFERA.

Las frutas y hortalizas continúan respirando después de la recolección, consumen oxígeno y producen dióxido de carbono y vapor de agua. Si las características de respiración de la fruta pueden equilibrarse exactamente a la permeabilidad del film empleado para el envase; en el interior del envase se podría crear de forma pasiva, una atmósfera modificada favorable, cuando se establece la concentración de equilibrio de oxígeno y dióxido de carbono (Parry, 1995).

2.6.2.2.2 ATMÓSFERA MODIFICADA ACTIVA.

Se considera como una atmósfera activa a la incorporación de ciertos aditivos en el film de empaquetado o en el envase para modificar la atmósfera del espacio de cabeza e incrementar la vida útil del producto. Bajo ésta definición se puede agrupar los absorbedores de oxígeno, los absorbedores/emisores de dióxido de carbono, los emisores de etanol y los absorbedores de etileno. Ésta tecnología relativamente nueva, presenta muchas posibilidades, pero en la actualidad es cara (Parry, 1995).

2.6.3 GASES UTILIZADOS EN EL ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA (AM).

El concepto básico del envasado de alimentos frescos en atmósfera modificada es la sustitución en el envase, del aire que rodea al alimento, con una mezcla de gases, en proporción diferente a la del aire. La composición aproximada del aire se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Composición gaseosa del aire seco a nivel del mar.

Gas	(%)
Nitrógeno (N ₂)	78.03
Oxígeno (O ₂)	20.99
Argón (Ar)	0.94
Dióxido de carbono (CO ₂)	0.03
Hidrógeno (H ₂)	0.01

Fuente: Parry (1995).

2.6.3.1 OXÍGENO (O₂).

El deterioro de los alimentos puede estar provocado por factores físicos, químicos y microbiológicos. Probablemente el oxígeno es el más importante en este contexto, siendo utilizado tanto por los microorganismos aerobio que provocan la descomposición, como los tejidos vegetales, y participa en algunas reacciones enzimáticas en los alimentos (Parry,1995). La selección de los envases para productos en Atmósferas Modificadas debe realizarse teniendo en cuenta que debe alcanzarse una concentración óptima uniforme de O₂, esta concentración se encuentra entre el 2 y el 5% para la mayoría de los productos (Wiley, 1997).

Los efectos de las bajas concentraciones de O₂ sobre la maduración de las frutas incluyen: (1) una disminución de la velocidad de la respiración; (2) un retraso en la fase climatérica con elevación del etileno; (3) un descenso en la velocidad de maduración (Blackman, 1954; Burg y Burg, 1967; kader, 1986; Mapson y Robinson, 1966; Smock 1979; Solomos, 1982; Yang y Chinnan, 1988 b).

2.6.3.2 DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂).

Las frutas y hortalizas frescas varían ampliamente en su tolerancia relativa a las bajas concentraciones de O₂ y a las concentraciones elevadas de CO₂, más allá de estos niveles se pueden ocasionar daños. Estos límites de tolerancia pueden ser diferentes a temperaturas por arriba o por debajo de las recomendaciones para cada producto (San Roman, 1997)

El dióxido de carbono puede utilizarse para envasado en atmósfera modificada en diferentes productos, dependiendo de la concentración empleada, entre 25 y 100%. El dióxido de carbono se difunde a través del film de envasado por encima de 30 veces más rápidamente que cualquiera de los otros gases empleados para el envasado de productos alimenticios (Parry, 1995).

2.6.3.3 NITRÓGENO (N₂).

El nitrógeno es un gas inerte, con baja solubilidad en el agua y en las grasas. En el envasado en atmósfera modificada se utiliza fundamentalmente para desplazar el oxígeno, así como para retrasar la oxidación y prevenir el enranciamiento en los frutos secos. Indirectamente también puede influir en los microorganismos en los alimentos perecederos, al retrasar el desarrollo de

los organismos aerobios productores de descomposición. La tercera función del nitrógeno consiste en actuar como relleno y para evitar el colapso del envase en los alimentos que absorben el dióxido de carbono (Parry, 1995).

2.6.3.4 MONÓXIDO DE CARBONO (CO).

Normalmente el gas inyectado es una mezcla de O_2 , CO_2 y N_2 , si bien también puede incluirse en la mezcla el monóxido de carbono (CO) (Wiley, 1997). El CO es capaz de inhibir el crecimiento de la microflora especialmente el de los psicrotrofos (Wagner y Moberg, 1989). Diversos investigadores han señalado que el CO puede desempeñar los mismos efectos biológicos que el C_2H_4 ; de ahí que la utilización comercial de productos envasados en AM que contengan CO puede restringirse a especialidades o productos relativamente insensibles al C_2H_4 (El-Goorani y Sommer, 1981).

2.6.3.5 OTROS GASES.

Las posibilidades de otros gases, como, óxido de etileno, dióxido de nitrógeno, ozono, óxido de propileno y dióxido de azufre, también se han investigado experimentalmente para el envasado en atmósfera modificada, pero es poco probable que su utilización comercial para el envasado de alimentos cuente con la aprobación de las autoridades (Parry, 1995).

2.6.3.6 MEZCLA DE GASES.

Existen tres tipos de mezclas de gases que son utilizadas para el envasado en atmósfera modificada (Goodburn y Halligan, 1988).

- ❖ Cobertura inerte (N_2).
- ❖ Atmósfera semi-activa (CO_2 / N_2 , $O_2 / CO_2 / N_2$).
- ❖ Atmósfera completamente activa (CO_2 ó CO_2 / O_2).

La combinación de gases a utilizar depende de muchos factores como: tipo de producto, material del envase y temperatura de almacenamiento. Con respecto al producto, los factores críticos son: los contenidos de humedad, las características microbiológicas, y la intensidad de la respiración en los productos hortícolas (Parry, 1995).

2.7 MATERIALES DE ENVASE PARA AM.

2.7.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES EXIGIBLES A LOS ENVASES.

Los polímeros plásticos destinados a conservación en AM de productos vegetales frescos deben reunir las siguientes características (Chavarin, 1995):

- ❖ Permeabilidades requeridas y selectivas para los gases permanentes de aire y de vapor de agua.
- ❖ Elevada transparencia, brillo y propiedades anti-empañamiento.
- ❖ Peso ligero.
- ❖ No tóxicos.
- ❖ Resistencia a la rotura y al estiramiento.
- ❖ Facilidad para sellarse por calor a temperatura relativamente baja.
- ❖ Que no reaccionen con el producto.
- ❖ Que no produzcan migraciones al producto.
- ❖ Buena resistencia térmica y al ozono.
- ❖ Buena transmisión de calor.
- ❖ Facilidad de manejo y etiquetado.
- ❖ Adecuado para uso comercial, bajo coste y fácil aprovisionamiento.

2.7.2 MATERIALES UTILIZADOS EN EL ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA.

Entre los films empleados en el envasado en atmósferas modificadas, existen diversos grupos (Tabla 10). El polietileno es uno de los materiales más comunes ya que, proporciona una soldadura o sellado hermético, y es presenta buenas características como capacidad anti-vaho y facilidad de desprendimiento (Parry, 1995).

Se han comercializado numerosos tipos de polímeros plásticos, simples y complejos, capaces de satisfacer estas exigencias. Los tipos de películas plásticas disponibles en el mercado han proliferado notablemente en los últimos años. Sin embargo, sólo unos pocos polímeros son empleados normalmente en la fabricación de películas flexibles para el envasado de productos vegetales frescos, entre los que destacan el policloruro de vinilo (PVC), el poliestileno (PS), el polietileno (PE) y el polipropileno (PP) (Chavarin, 1995).

Tabla 10. Características de los materiales.

Film	Transmisión de vapor de agua (g/m ² .24h) 38°C/90% HR	Permeabilidad a los gases (cm ³ /m ² . 24h.atm)			Resistencia a grasas y aceites*
		Oxígeno	Nitrógeno	Dióxido de Carbono	
Poliestireno	100-125	5000	800	18000	B
Policloruro de vinilo (PVC)	15- 40	500- 30000	300- 10000	1500-46000	B
Polietileno (LDPE) de baja densidad	18	7800	2800	42000	P
Polietileno (HDPE) de alta densidad	7-10	2600	650	7600	B-E
Polipropileno	6-7	2000	400	8000	B-E
Poliéster	25-30	50-130	15-18	180-390	E

*E, excelente; B, buena; P, pobre.

HR, humedad relativa

Fuente: Parry (1995).

2.7.2.1 POLIETILENO.

El PE se encuentra entre los polímeros más utilizados hoy en día, tanto para envasado de frutas y hortalizas frescas enteras como mínimamente procesadas.

Se clasifican por su densidad en alta, media, baja y ultrabaja, lo que indica impermeabilidad creciente al vapor de agua. Posee una elevada resistencia al rasgado, aunque no a la rotura, es resistente a la degradación química y altamente permeable a los gases (Chavarin, 1995).

2.7.2.2 POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (LDPE).

El PE de baja densidad (LDPE), presenta un elevado coeficiente de selectividad (permeabilidad CO₂/permeabilidad O₂), importante para permitir un descenso en la concentración de O₂ sin que aumente excesivamente el CO₂ en el interior de envase. Es probablemente el polímero de mayor difusión actualmente en la aplicación para obtener AM (Chavarin, 1995).

➤ **Estructura**

El LDPE es parcialmente un sólido cristalino (50 a 60%) que funde aproximadamente a los 115°C, con un intervalo de densidad de 0.915 a 0.925 g/cm³. Es soluble en solventes a temperatura por arriba de los 100°C, pero no existe un solvente para el LDPE a temperatura ambiente (Chavarin, 1995).

➤ **Propiedades**

Las ramificaciones de cadena corta tienen un efecto predominante en el grado de cristalinidad y por lo tanto en la densidad del polietileno. Las propiedades dependientes de la cristalinidad, tales como la rigidez, la resistencia al rasgado, la dureza, la resistencia química, la temperatura de restablecimiento y el límite de deformación, aumentan con densidades crecientes o cantidades decrecientes de ramificaciones de cadena corta del polímero, en tanto que la permeabilidad a los líquidos y gases, la tenacidad y la resistencia a la flexión decrecen bajo las mismas condiciones (Instituto Mexicano del Plástico Industrial, 2001; Chavarin, 1995).

➤ **Aplicaciones**

Cerca de las tres cuartas partes del LDPE producido en forma de película se destina al envasado, incluyendo bolsas, sacos y envolturas que se utilizan en alimentos congelados y perecederos (Chavarin, 1995).

La película del LDPE posee una permeabilidad relativamente alta a gases como el oxígeno y el anhídrido carbónico. Por lo tanto, no puede ser utilizado para el envasado de alimentos oxidables o para envases al vacío (Chavarin, 1995).

La película de polietileno es también permeable a muchos aceites esenciales, lo cual significa que, con algunos productos, puede producirse una pérdida gradual de olor y aroma. Debe también considerarse la posibilidad de que el producto almacenado en la proximidad de otros materiales de olor fuerte, capte parte de este olor (Chavarin, 1995).

2.7.2.3 POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE).

Tiene un punto de reblandecimiento mayor, que los polietilenos de densidades menores, proporciona propiedades barrera superiores y es un films más duro. No es adecuado como elemento de soldadura, por lo tanto no puede encontrarse en láminas de base termo formables (Chavarin, 1995).

➤ **Estructura.**

Generalmente los polietilenos lineales son altamente cristalinos, aproximadamente en un 90%, conteniendo menos de una cadena lateral por cada 200 átomos de carbono en la cadena principal. El punto de fusión se encuentra por encima de los 127 °C (Chavarin, 1995).

➤ **Propiedades.**

La mayoría de las diferencias en las propiedades de los polímeros ramificados (polietileno baja densidad) y lineales puede ser atribuido a la alta cristalinidad de los últimos. Los polietilenos lineales son realmente más resistentes que el material ramificado, y tienen un punto de fusión cristalino más elevado y más resistencia al impacto (Chavarin,1995).

➤ **Características.**

Las características más sobresalientes del HDPE son las siguientes:

a) Rigidez. Aunque el HDPE tiene sólo una resistencia a la tensión moderada, exhibe una muy elevada elongación como resultado de que el polímero tiene excelente resistencia al impacto, aún a temperaturas por debajo de la congelación. La rigidez en el HDPE es directamente dependiente del peso molecular y en general, inversamente dependiente de la densidad.

b) Propiedades barrera. La velocidad de transmisión del vapor de agua en el HDPE es extremadamente baja. El polímero es permeable a la mayoría de los gases y algunos vapores, por lo tanto no puede utilizarse en muchas aplicaciones que requieren una elevada barrera al oxígeno a menos que se encuentre coextruido con otro material (Chavarin, 1995).

Resistencia química. Debido a su resistencia química, el HDPE es resistente a la mayoría de los compuestos químicos. Por debajo a los 60°C, no hay solvente conocido que afecte al HDPE. También tiene una elevada resistencia a la grasa y a los aceites vegetales.

2.7.2.4 POLIPROPILENO (PP).

El polipropileno es químicamente similar al polietileno y puede ser extruido o coextruido con un elemento monómero para proporcionar características de sellado por calor. El polipropileno de tipo orientado, aunque proporciona mayores rasgos de barrera frente al vapor de agua que el polietileno, también proporciona una mayor barrera a los gases, siete veces la del polietileno. Además tiene una excelente resistencia a las grasas (Parry, 1995).

Su naturaleza química es similar a la de polietileno, aunque menos permeable que éste a los gases permanentes del aire (hasta diez veces) y al vapor de agua. Es fácilmente termosellable. Su utilización para el envasado de productos vegetales esta muy extendida, tanto en envases perforados como en envases aptos para la AM (Lamúa,2000).

2.7.2.5 POLICLORURO DE VINILO (PVC).

Las películas de PVC tienen niveles moderados de permeabilidad al vapor de agua y pueden ser blandas, claras, longevas y capaces de no empañarse. Algunas tienen elevadas permeabilidades al CO₂ en comparación con el O₂, lo que las hace especialmente aptas para la generación de atmósferas modificadas (Lamúa, 2000).

2.7.2.6 POLIESTIRENO (PS).

Es otro polímero con una elevada facilidad de transmisión de gases y una permeabilidad al O₂ y al CO₂ adecuada. Es prácticamente inerte desde el punto de vista químico y presenta gran transparencia (Chavarin, 1995; Lamúa, 2000).

2.7.2.7 OTRAS PELÍCULAS PLÁSTICAS UTILIZADAS EN AM.

➤ **Películas microperforadas.**

Se emplean en aquellos productos que precisan de una velocidad de transmisión de oxígeno elevada. Se trata de películas que contienen pequeños agujeros de aproximadamente 40-200 micras de diámetro que atraviesan la película. La atmósfera dentro del envase es determinada por el área total de perforaciones en la superficie del envase. Las películas micro perforadas mantienen unos niveles de humedad relativa altos y son muy efectivas para prolongar la vida media de productos especialmente sensibles a las pérdidas por deshidratación y deterioro por microorganismos (Colomé, 1998).

➤ **Películas laminadas.**

Estas películas están conformadas por láminas de diferentes materiales unidas mediante un adhesivo, en forma de sándwich. Las películas laminadas ofrecen una mejor calidad de grabado ya que la superficie impresa es incorporada entre las numerosas láminas que la constituyen y esto evita el desgaste durante la manipulación. La desventaja de este tipo de películas es que el proceso de elaboración es caro lo que hace que este tipo de materiales no sea muy empleado. Las películas laminadas tienen una excelente calidad de grabado al ser impresas generalmente por el reverso sobre el polipropileno y embebidas en la película. Suelen emplearse con productos de baja o media actividad respiratoria, ya que las capas interfieren en la movilidad del oxígeno hacia el interior del envase (Colomé, 1998).

➤ **Películas coextruidas.**

Se caracterizan por ser láminas producidas simultáneamente que se unen sin necesidad de adhesivo. Son más económicas que las películas laminadas, sin embargo éstas últimas sellan mejor, pues el polietileno se funde y se reconstruye de forma más segura.

Las películas coextruidas son grabadas en la superficie y tienden a desgastarse con la maquinaria durante el llenado y el sellado. La velocidad de transpiración del oxígeno hacia el interior del envase es mayor que en las películas laminadas (Colomé, 1998).

➤ **Membranas microporosas.**

La membrana microporosa se emplea en combinación con otras películas flexibles. Se coloca sobre una película impermeable al oxígeno la cual tiene una gran perforación. De esta forma se consigue que todos los intercambios gaseosos se produzcan a través de la membrana microporosa que tiene unos poros de 0,2-3 micras de diámetro. La velocidad de transmisión de oxígeno se puede variar cambiando su espesor o modificando el número y tamaño de los microporos que conforman la membrana (Colomé, 1998).

2.7.2.8. PELÍCULAS BIODEGRADABLES.

Las películas o recubrimientos pueden satisfacer muchos de los requisitos involucrados en la comercialización de alimentos como el valor nutricional, la sanidad, alta calidad, estabilidad y economía, debido a esto, las películas hechas de productos naturales han incrementado su interés científico y comercial. Este tipos de materiales no solo son inherentemente biodegradables sino que son también altamente reciclables (Colomé, 1999).

Los materiales que pueden ser usados para formar películas comestibles incluyen: proteínas, polisacáridos, lípidos (ceras), y sus compuestos o la combinación de estos materiales. Las películas de proteína han incluido: colágeno, gelatina, zeína, gluten, proteínas de soya, caseína y proteínas de suero, las de polisacáridos, alginatos, carrageninas y pectinatos y las de lípidos han incluido ácidos grasos, esterios, ceras, triglicéridos, etc. (Guil, 2000).

Los polisacáridos pueden impartir cohesión estructural y servir como una matriz estructural. Una proteína puede aumentar la firmeza de la estructura por plegado inter o intramolecular, y los lípidos para adicionar carácter hidrofóbico (Guil, 2000).

2.7.2.9 PELÍCULAS INTELIGENTES.

Englobadas dentro de los llamados envases activos, son aquellas que están formadas por membranas que crean una atmósfera modificada dentro del mismo y que aseguran que el producto no consuma todo el oxígeno del interior y se convierta en una atmósfera anaerobia. Estas membranas o películas inteligentes impiden la formación de sabores y olores desagradables, así como la reducción del riesgo de intoxicaciones alimentarias debido a la producción de toxinas por microorganismos anaerobios (Colomé, 1998).

Estas láminas son capaces de soportar variaciones de la temperatura de almacenamiento de hasta 3-10°C e incrementan la permeabilidad a los gases (velocidad de transmisión de oxígeno) mil veces cuando la temperatura aumenta por encima de la temperatura límite establecida, evitando la aparición de procesos de anaerobiosis (Colomé, 1998).

2.8 PERMEABILIDAD DE LOS ENVASES EN LA TÉCNICA ATMÓSFERA MODIFICADA (AM).

La permeabilidad se define como la transmisión de un agente que penetra a través de un material resistente. El proceso de permeabilidad en los materiales de envasado poliméricos se lleva a cabo mediante la difusión activa en donde las moléculas del agente que penetra se disuelve en la matriz de la película, difundiéndose a través de ella como respuesta a un gradiente de concentración.

Existe un rango amplio de permeabilidad a los gases permanentes del aire, en el que deben encontrarse los polímeros utilizables en la técnica AM, pero en la práctica real solo se ha extendido el empleo de pocos polímeros.

La permeabilidad de las películas a los gases de interés fisiológico, se suele determinar experimentalmente en condiciones estándar, muy diferentes de las de conservación de los productos, por lo que de los datos ofrecidos por los proveedores es muy difícil deducir si una película es adecuada para una determinada AM (Parry, 1995).

2.8.1 PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA.

El envase actúa como barrera al movimiento de vapor de agua y de los gases como oxígeno y dióxido de carbono, entre otros y pueden llegar a mantener una humedad relativa alta, con la cual las frutas y hortalizas envasadas mantienen su turgencia. Sin embargo, la conservación de valores muy altos de humedad relativa puede provocar la condensación de la humedad sobre el producto, creando también las condiciones favorables para el desarrollo de microorganismos (Holdsworth, 1988). La permeabilidad de las películas plásticas al vapor de agua resulta mayor a medida que desciende la cristalinidad del polímero. Algunas películas son muy poco permeables al vapor de agua (Cheftel *et al.*, 1992).

Algunos materiales, como las películas de polietileno, pueden considerarse como barreras relativamente buenas contra el vapor de agua, dado que la velocidad de transferencia de este es relativamente baja comparada con la de otros polímeros (López, 2004).

2.8.2 PERMEABILIDAD AL O₂/CO₂.

La permeabilidad de las materias plásticas a los gases, tales como vapor de agua o el oxígeno, constituye una de las características más importantes desde el punto de vista de su empleo para envasar alimentos (Bureau y Multon, 1996). El paso de los gases a través de una película tiene analogías a los fenómenos de difusión: difusión a través de eventuales micro poros, influenciada por el tamaño de las moléculas de gas y por la sección disponible de los poros; sobre todo difusión a través de la masa, es decir, en los espacios intermoleculares de las zonas amorfas. Esta difusión es una transferencia de masa, cuya fuerza activa es la diferencia de concentración de gas a los dos lados de la membrana plástica. Pueden añadirse a la difusión en la masa fenómenos de absorción sobre la membrana (por afinidad química o solubilidad), desorción (Brody, 1996).

En la respiración de los tejidos de los frutos se utilizan considerables tasas de oxígeno, de ahí que las películas adecuadas para productos frescos necesiten un coeficiente de permeabilidad al CO₂ relativamente alto a fin de evitar la acumulación excesiva de CO₂ a niveles que causen daño al fruto dentro del paquete. La difusión de gases tales como oxígeno y dióxido de carbono dependen del tamaño, forma de las moléculas que integran la película y por otra parte la cristalinidad, grado de entrecruzamiento (Brody, 1996).

2.8.3 FACTORES EXTERNOS QUE AFECTAN LA VIDA ÚTIL.

2.8.3.1 RECOLECCIÓN.

La recolección de las frutas y hortalizas en el estado óptimo de madurez es el factor básico más importante que afecta a la calidad y posterior vida útil del producto (Zomorodi, 1990). La determinación de la madurez óptima depende de muchos factores, incluida la utilización prevista del producto. De forma general, las frutas y hortalizas destinadas a la transformación y al empaquetado se recolectan antes de su máxima madurez.

En este estado su textura es más firme y de ese modo se puede minimizar los daños mecánicos durante la manipulación y procesado (Parry, 1995).

2.8.3.2 MANIPULACIÓN.

Minimizar las lesiones mecánicas es uno de los principales factores que afectan a la calidad y a la vida útil del producto (Zomorodi, 1990). Una manipulación cuidadosa implica una reducción de las lesiones con lo que se puede incrementar la vida útil del producto de forma espectacular y también ayudar a minimizar la producción de desechos. Las lesiones mecánicas o las heridas afectan adversamente a la calidad al incrementar las pérdidas de humedad, la actividad enzimática, la susceptibilidad al acceso de microorganismos, procesos de podredumbre, decoloración y respiración (Parry, 1995).

2.8.3.3 TEMPERATURA.

Las temperaturas en el rango 0-5 °C son las preferidas para el almacenamiento y la distribución de la mayoría de los productos envasados en atmósferas modificadas. Con estas temperaturas de enfriamiento, la intensidad de la respiración se reduce significativamente, así como el crecimiento de los microorganismos productores de podredumbre y los peligros para los alimentos se reducen. Debe observarse que ciertas frutas de origen tropical son susceptibles a daños por frío como consecuencia de la exposición a temperaturas por debajo de 5-15 °C (Holdsworth, 1983).

Los daños por frío se pueden manifestar tanto como una superficie picada o por pardeamiento de los tejidos y por lo tanto los productos sensibles, como guayaba, plátanos, papayas, aguacates, melones, tomates, pepinos, piñas, y pimientos, se deben almacenar a las temperaturas recomendadas para evitar las temperaturas que provoquen daños (Holdsworth, 1983).

2.8.3.4 PÉRDIDA DE AGUA Y HUMEDAD RELATIVA (HR).

Puesto que las frutas y hortalizas tienen un 80–95% de agua, pierden humedad rápidamente siempre que la **HR** es inferior al 80–95%. Normalmente una pérdida de humedad del 3-6% es suficiente para provocar un marcado deterioro de la calidad de muchos tipos de productos. En consecuencia, es importante reducir las pérdidas de humedad mediante la disminución de la temperatura, incremento de la **HR** y la

reducción del movimiento del aire. Todos estos métodos para reducir las pérdidas de humedad de los productos frescos se pueden conseguir mediante el envasado en atmósferas modificadas (Parry,1995).

La mayoría de los plásticos hidrofóbicos utilizados para el envasado de productos en atmósfera modificada son barreras al vapor de agua relativamente buenas y son capaces de mantener una humedad alta en el interior del empaque, incluso cuando la atmósfera externa es seca (Zagory y Kader, 1988).

Mantener la temperatura óptima de refrigeración durante todas las etapas de manipulación posrecolección podría ayudar a prevenir las pérdidas de humedad por transpiración y la posterior condensación en el interior del envase de atmósfera modificada del producto fresco (Parry 1995).

2.8.4 VENTAJAS DEL ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA.

- ❖ Frena la actividad respiratoria y con ella la velocidad de deterioro del órgano vegetal.
- ❖ Retrasa la maduración y senescencia, frenando los cambios fisiológicos y bioquímicos en particular la respiración y la emisión de etileno, así como limitando el ablandamiento y la alteración de la composición y valor nutritivo.
- ❖ Reduce el marchitamiento y sus efectos asociados.
- ❖ Limita la incidencia y severidad de los daños por el frío en diversos vegetales.
- ❖ Puede reemplazar el empleo, o reducir la dosis de ciertos tratamientos químicos en la posrecolección.
- ❖ Puede ser útil para controlar diversos insectos (trips y áfidos) como la mosca del Caribe.
- ❖ Prolonga los periodos preclimatérico y climatérico del producto, para permitir la recolección y la comercialización en un estado fisiológico más próximo a la plena madurez, con mejores características organolépticas.
- ❖ Facilita el mantenimiento de la calidad y evita el desarrollo microbiológico en los productos procesados en fresco.
- ❖ Mejor presentación, clara visión del producto y visibilidad en todo el entorno (Parry, 1995).

2.8.5 INCONVENIENTES DEL ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA.

- ❖ Inversión en maquinaria de envasado con gas.
- ❖ Coste de los gases y materiales de envasado.
- ❖ Los beneficios del envasado en atmósfera modificada se pierden cuando se abre o se perfora el envase.
- ❖ Maduración anormal de ciertos frutos climatéricos cuando las concentraciones de O₂ son inferiores al 2-3% y de CO₂ superiores al 5%.
- ❖ Sabores y aromas extraños, debidos a la acumulación de etanol y acetaldehído, particularmente importantes cuando las concentraciones de O₂ son inferiores (del 1 al 2%, según los productos) se da la fermentación y se produce la respiración anaeróbica.
- ❖ Pérdida de aroma cuando la duración del almacenamiento es excesiva (frecuente en manzanas y peras).
- ❖ Aumento de la susceptibilidad a los ataques fúngicos cuando el producto sufre una alteración fisiológica debida a concentraciones muy bajas de O₂ o muy elevadas de CO₂ (Parry 1995).

3. OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el efecto del almacenamiento en AM en los parámetros fisiológicos, químicos y sensoriales de la guayaba.

OBJETIVOS PARTICULARES:

OBJETIVO PARTICULAR 1.

Caracterización física, química y fisiológica de la guayaba procedente de Michoacán almacenada a temperatura ambiente.

OBJETIVO PARTICULAR 2.

Comparar las características físico-químicas, fisiológicas, nutricionales y sensoriales de la guayaba producida en los Estados de Aguascalientes y Michoacán y almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración.

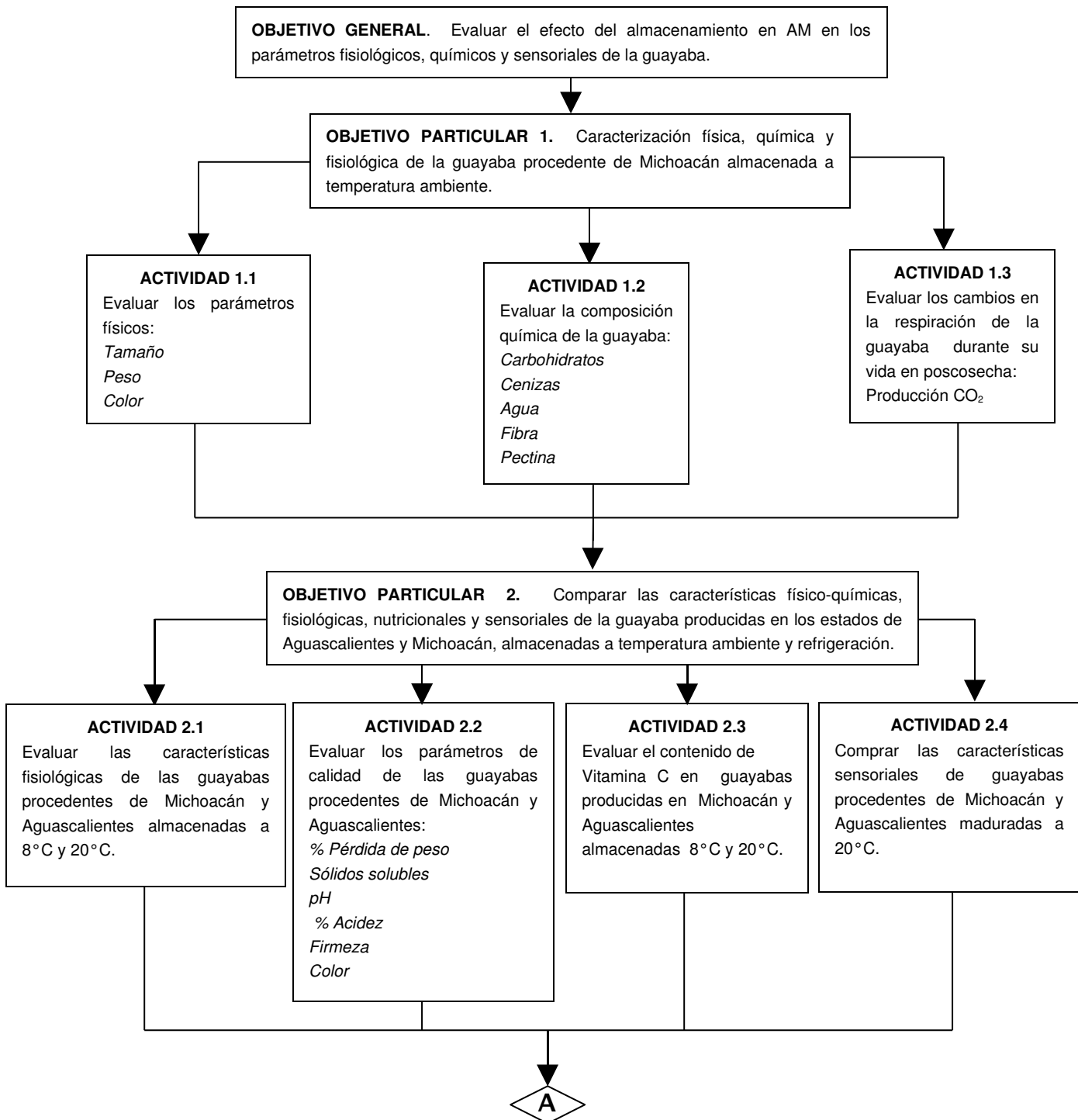
OBJETIVO PARTICULAR 3.

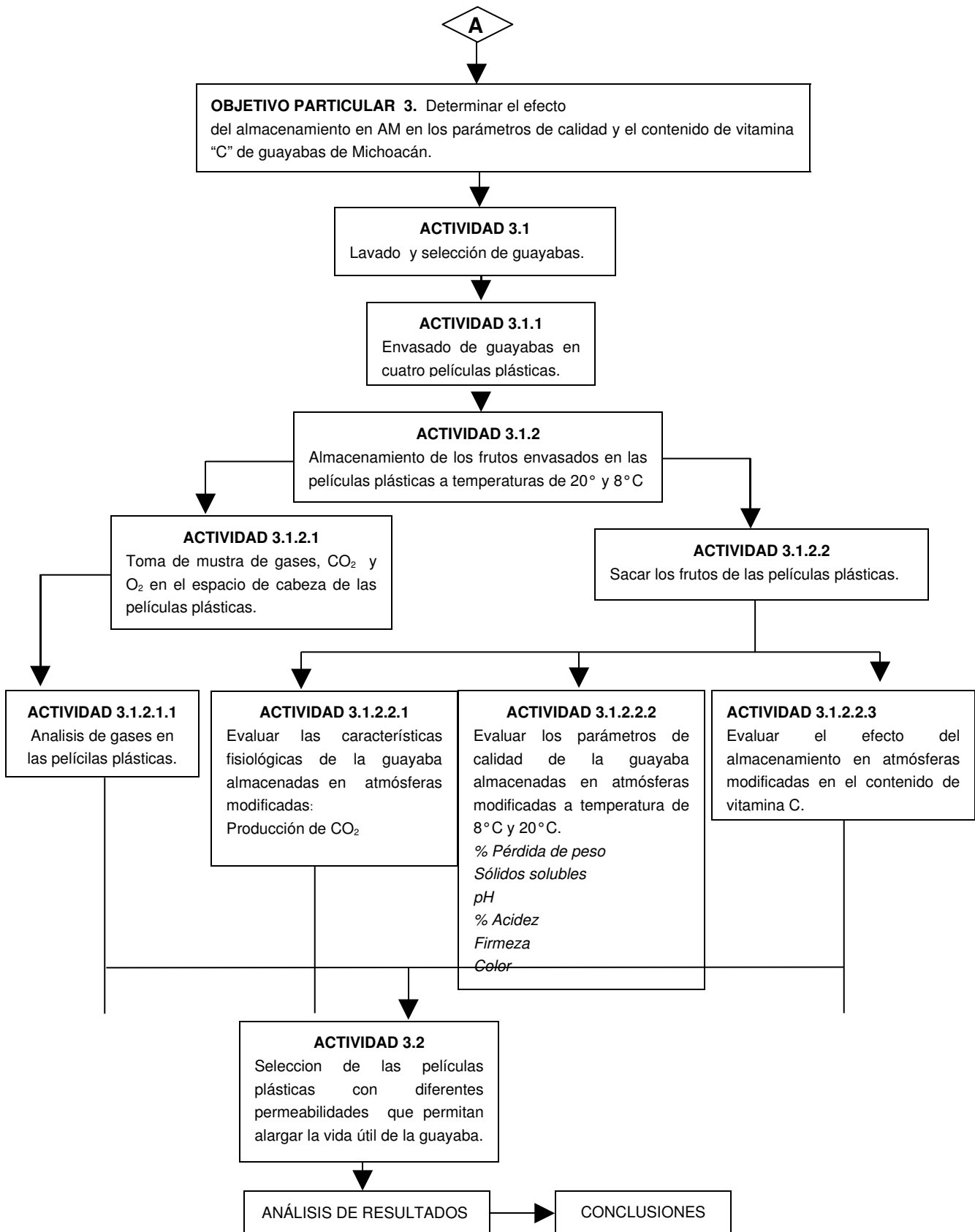
Determinar el efecto del almacenamiento en atmósferas modificadas en los parámetros de calidad y el contenido de vitamina "C" de guayabas de Michoacán.

4. MATERIALES Y MÉTODOS.

4.1 SECUENCIA METODOLÓGICA.

Para cumplir con los objetivos planteados se llevó a cabo la siguiente metodología experimental.





4.2 MATERIAL BIOLÓGICO.

Se trabajó con guayaba (*Psidium guajaba L*) de primera calidad en estadio preclimaterio de la variedad Media China, procedente de los estados de Michoacán y Aguascalientes, adquiridas en la central de abasto de la Ciudad de México, que fueron transportadas por vía terrestre, en cajas de cartón previamente selladas.

4.3. TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS.

4.3.1 LIMPIEZA.

Se realizó un lavado previo con agua potable, teniendo como objetivo eliminar tierra adherida al fruto, así como otro tipo de materias extrañas como por ejemplo de tallos, hojas, raíces, basura, residuos de sustancias químicas, etc.

4.3.2 SELECCIÓN.

Los frutos fueron seleccionados cuidadosamente por peso, color y diámetro para contar con lotes homogéneos con el mismo desarrollo fisiológico. Se eliminaron los frutos que presentaron daños físicos o mecánicos (fallas, defectos, malformaciones, heridas por insectos, enfermedades y mal manejo). Posteriormente, los frutos se distribuyeron en lotes de 30 frutos para ser almacenados de acuerdo a cada condición establecida.

4.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y FISIOLÓGICA DE LA GUAYABA DE MICHOACÁN.

Los frutos se almacenaron a temperatura ambiente (20°C) y HR 95%, fueron evaluados los parámetros físicos (tamaño, peso, color y diámetro), químicos (proteína, pectina, humedad, cenizas, carbohidratos) y fisiológicos (respiración) de la guayaba en los diferentes estadios del proceso de maduración: E₁ (pre-climaterio), E₂ (inicio del climaterio), E₃ (máximo climaterio) y E₄ (post-climaterio) de acuerdo a las técnicas descritas en el apartado 4.7.

4.5 COMPARAR LAS CARACTERÍSTICAS, FISIOLÓGICAS, FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE GUAYABAS CULTIVADAS EN LOS ESTADOS DE AGUASCALIENTES Y MICHOACÁN.

Para establecer las características de los frutos cultivados en los Estados de Aguascalientes y Michoacán, se evaluaron las características físicas, fisicoquímicas, fisiológicas y sensoriales de los frutos procedentes de ambas regiones a lo largo de su proceso de maduración.

Se realizaron 2 lotes de 30 frutos con las guayabas procedentes de Aguascalientes y Michoacán, y posteriormente fueron almacenados a temperatura de refrigeración (8°C) y a temperatura ambiente (20°C). Se evaluó la respiración de los frutos, realizándose mediciones cada día a las diferentes temperaturas de almacenamiento a lo largo del proceso de maduración.

Se evaluaron los parámetros de calidad (% pérdida de peso, sólidos solubles, pH, acidez, firmeza y color) para las diferentes condiciones de almacenamiento (ambiente y refrigeración) durante el proceso de maduración.

Se determinó el contenido de vitamina C para las muestras de los diferentes estados Aguascalientes y Michoacán, así como una comparación sensorial en ambas muestras de acuerdo a las técnicas descritas en el apartado 4.7.

4.6 DETERMINAR EL EFECTO DEL ALMACENAMIENTO DE GUAYABAS EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS.

Las guayabas se seleccionaron, lavaron y se procedió a almacenar los frutos en los diferentes materiales plásticos. Se utilizaron cuatro películas plásticas de polietileno de baja y alta densidad con nomenclatura comercial (DP-961, PD-900 y PC-7225, PC-7225B) proporcionadas por la empresa CRYOVAC, seleccionando las películas de mayor permeabilidad para el almacenamiento en atmósferas modificadas a temperaturas de 20 y 8°C que se muestran en la tabla 11. Se procedió a empacar las muestras en la película, con la ayuda de una máquina empacadora al vacío (Multivac). Se eliminó el oxígeno aplicando vacío (-400mbar) hasta llegar a concentraciones del 5%.

Tabla 11. Permeabilidad de los films al CO₂, O₂ a 23°C.

Films	CO ₂ (cm ³ /m ² 24hr*atm)	O ₂ (cm ³ /m ² 24hr*atm)	Espesor (mm)	Vapor de agua (g/100 in ² 24hr.atm)
PD-961	19000-22000	6000-8000	31	0.90-1.10
PD-900	20500	7000	33	0.9-1

Fuente: Cryovac.

Se lavaron las muestras realizando 4 y 8 lotes de cinco frutas envasados en cada una de las cuatro películas de polietileno y posteriormente fueron almacenados a temperaturas de 20 y 8 °C, utilizándose un lote sin envasar como control.

Se tomó una muestra de los gases CO₂ y O₂ en el espacio de cabeza de los envases, se sacaron los frutos de las películas y se determinó la respiración de las guayabas que fueron envasados en diferentes materiales.

Se evaluaron los parámetros de calidad (% pérdida de peso, sólidos solubles, pH, acidez, textura y color) en los frutos conservados en atmósferas modificadas a temperatura ambiente y refrigeración. Además, se evaluó la cantidad de vitamina C (ácido ascórbico) en las muestras almacenadas en las diferentes películas a temperatura ambiente y refrigeración.

Se seleccionaron aquellos tratamientos en función de su permeabilidad, que preservaron la calidad de la guayaba proporcionando una menor pérdida de peso y alargando su vida útil.

4.7 MÉTODOS ANALÍTICOS.

4.7.1 PARÁMETROS DE CALIDAD.

4.7.1.1 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES (°Bx).

Los sólidos solubles se determinaron directamente mediante lectura en un refractómetro (marca ATAGO, mod. 2111) a 20 °C. Se tomó una gota del líquido que sale al exprimir una guayaba y se colocó en la superficie del prisma del refractómetro. Antes de realizar la determinación se calibró el refractómetro con una gota de agua destilada en la superficie del prisma y la lectura se ajustó a cero. Los sólidos solubles se expresaron en °Bx.



Figura 11. Determinación de Sólidos Solubles (°Bx).

4.7.1.2 DETERMINACIÓN DE pH.

Para la determinación del pH, se pesaron 10 g de pulpa y se homogeneizaron con 100 ml de agua destilada, se filtraron a través de papel filtro y se midió el pH con un potenciómetro manual (marca HANNA instruments, mod. PHeP1) introduciendo el electrodo en la muestra.

4.7.1.3 DETERMINACIÓN DE ACIDEZ.

La acidez se determinó del filtrado valorado con hidróxido de sodio 0.1 N. Los resultados se expresan en % de ácido cítrico (AOAC;1990).

$$\% \text{ Acidez} = (\text{meq } \acute{\text{a}}\text{c} * V_{\text{NaOH}} * N_{\text{NaOH}}) / \text{PM} * 100$$

Donde:

% Acidez = Porcentaje de acidez

meq $\acute{\text{a}}\text{c}$ = Miliequivalente de ácido cítrico

V_{NaOH} = Volumen gastado

N_{NaOH} = Normalidad hidróxido de sodio

PM = Peso muestra



Figura. 12. Determinación de la acidez en la muestra de Guavaba.

4.7.1.4 DETERMINACIÓN DE LA FIRMEZA.

La firmeza se determinó sobre una de las caras en la zona media de cada fruto y se evaluó como la fuerza de ruptura de la piel por medio de un penetrómetro manual con un diametro del punzón de 5 mm (marca TESTER modelo FT 327). Los resultados se expresan en kg/cm^2 .

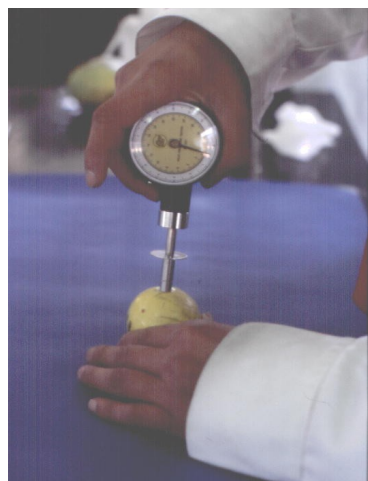


Figura. 13. Determinación de la Firmeza.

4.7.1.5 DETERMINACIÓN DE COLOR.

La determinación del color se llevó a cabo con un colorímetro marca Minolta modelo CR300 por el sistema Hunter Lab que representa la cromaticidad en coordenadas rectangulares. Los valores 'a' en abscisas se mueven desde los valores negativos para el verde a valores positivos; para el rojo, los valores 'b' en ordenadas van desde el azul al amarillo y el parámetro 'L' representa la luminosidad desde la reflexión nula (L=0) a reflexión difusa perfecta (L=100). El instrumento fue estandarizado por medio de una baldosa blanca de cerámica. Las medidas de color fueron realizadas en la piel en un punto de la zona ecuatorial del fruto, en tres replicas para cada tratamiento.

Los valores L, a y b se utilizaron para calcular el tono (ángulo de Hue) a partir de la ecuación $h^0 = \arctan(b/a)$ donde: 0 = rojo-púrpura, 90 = amarillo, 180 = azulado-verde y 270 = azul. El croma que indica la intensidad de color o saturación de color se calculó mediante la ecuación $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (McGuire,1997).

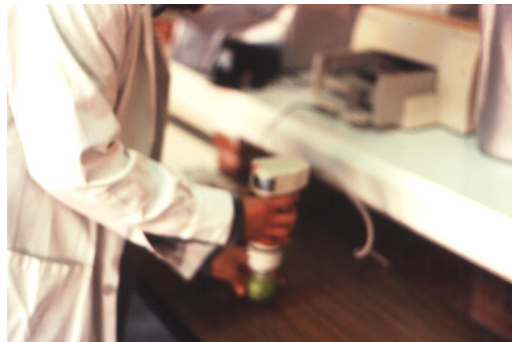


Figura. 14. Determinación de color.

4.7.1.6 DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE PESO (%PP).

Se determinó la pérdida de peso mediante la diferencia entre el peso de los frutos al inicio y al final del periodo de almacenamiento con el apoyo de una balanza analítica (marca Sartorius modelo i1800). El porcentaje para la pérdida de peso se realizó con el apoyo de la siguiente ecuación:

$$\%PP = (P_i - P_f / P_i) * 100$$

Donde:

%PP = Porcentaje de pérdida de peso

Pi = Peso inicial

Pf = Peso final

4.7.1.7 DETERMINACIÓN DE HUMEDAD.

El porcentaje en humedad se realizó por el método de secado por estufa homogenizando la guayaba y calculando el porcentaje de agua pérdida debido a su eliminación por calentamiento a 80°C bajo condiciones normalizadas (Pearson, 1998).

4.7.1.8 DETERMINACIÓN DE CENIZAS.

Se realizó por el método de incineración de acuerdo al método descrito por el AOAC (1990). El método se basa en la obtención del residuo inorgánico que queda después de la incineración de la materia orgánica a 550°C. Los resultados se expresaron en g/100 g de muestra.

4.7.1.9 DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS.

Para la determinación de los azúcares se realizó por medio de la técnica Lane y Eynon (Pearson, 1998), se basa en la oxido-reducción del ión cúprico (Cu^{++}) a ión cuproso (Cu^{+}) o agentes oxidantes suaves, que reaccionan con las aldosas de los azúcares reductores en presencia de un indicador. Los resultados se expresaron en g/100 g de muestra.

4.7.1.10 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA.

La determinación de fibra se realizó por el método Kennedy y Wendy (Pearson, 1998). La fibra contiene hemicelulosas, gomas, mucílagos, celulosa, lignina y polisacáridos, esta técnica se fundamenta en la determinación de estos materiales insolubles mediante la realización de una hidrólisis en medio ácido y básico. Los resultados se expresaron en g/100 g de muestra.

4.7.1.11 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS.

La cantidad de proteína en los extractos fue determinada por el método de Lowry, que se basa en la reacción de las proteínas con cobre en solución alcalina, mediante reducción del reactivo de Folin-Ciocalteau (ácido fosfomolibdicofosfotúngstico), que se reduce a heteropolimolibdeno azul por la oxidación de aminoácidos aromáticos catalizada por cobre. La reacción se lleva a cabo en medio alcalino (pH 10,0-10,5). Se utilizó como estándar albúmina sérica bovina. Los valores de concentración de proteína se determinaron por interpolación gráfica en una curva patrón obtenida a 720 nm (Lowry *et al.*, 1951).

4.7.1.12 DETERMINACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO (VITAMINA C).

Se determinó por método volumétrico, se fundamenta en la propiedad del ácido ascórbico de reaccionar con el indofenol (2,6 dicloro fenol indofenol), decolorando el color azul y la cantidad decolorada es proporcional a la cantidad de vitamina C presente en el alimento. La cantidad de ácido ascórbico se expresa en mg de vitamina C por 100 g de alimento (Coutiño *et al.*, 1991).

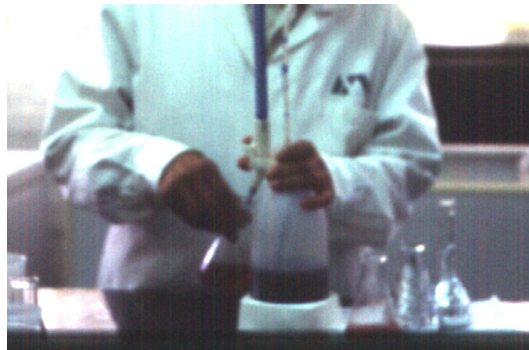


Figura. 15. Determinación de Vitamina C.

4.7.1.13 DETERMINACIÓN DE PECTINA.

La determinación de pectina se llevó a cabo por medio de la precipitación con cloruro de calcio y la posterior formación de pectato de calcio. Los resultados se expresan en g /100 g de muestra (Less, 1980).

4.7.1.14 DETERMINACIÓN DE LA RESPIRACIÓN.

Los frutos se colocaron en contenedores con entrada y salida de aire, conectados a un sistema de ventilación o canalizador de flujos que permitió medir la composición del gas (CO_2) generado por el metabolismo del fruto (Figura 16). Este sistema de ventilación proporciona un flujo constante de aire humidificado (Domínguez y Vendrell, 1993.)

La respiración se valoró en función de la producción de CO_2 , para su cuantificación se conectó la salida del frasco de ventilación conteniendo la muestra a un analizador de CO_2 (marca NITEC modelo 513-469-9080). Los resultados se expresaron en $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.



Figura. 16. Analizador de gases (A) y Sistema de ventilación (B).

4.7.1.15 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE GASES EN EL ESPACIO DE CABEZA EN LOS DIFERENTES ENVASES.

Para evaluar el contenido de los gases en el espacio de cabeza en los diferentes envases se tomaron mediciones de CO_2 y O_2 en el interior de los envases dejando una semana una vez envasados los frutos. Se tomaron muestras de CO_2 y O_2 y se cuantificó con un analizador de gases marca ILLINOIS instruments, modelo 6600. Posteriormente, cada cuatro días se evaluó la concentración de CO_2 producido y O_2 consumido hasta el final del periodo de almacenamiento a 20 y 8°C.



Figura. 17. Determinación de CO_2 y O_2 con temperaturas de 208 y 820°C., películas PD-961 y PD-900.

4.8 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA GUAYABA.

Para evaluar las características organolépticas y la aceptabilidad de las guayabas procedentes de los diferentes Estados productores (Michoacán y Aguascalientes), se realizó un análisis sensorial con un grupo de 25 panelistas semi-entrenados y se aplicó una prueba descriptiva de los diferentes atributos (firmeza, sabor, aroma), utilizando la siguiente escala (Castillo, 2005):

Tabla 12. Escala hedónica de evaluación sensorial.

ESCALA	FIRMEZA	SABOR	AROMA
5	Extremadamente firme	Extremadamente dulce	Extremadamente aromático
4	Ligeramente firme	Muy dulce	Muy aromático
3	Firme	Dulce	Aromático
2	Ligeramente blando	Ligeramente dulce	Ligeramente aromático
1	Blando	Insípido	Sin aroma

Con los resultados obtenidos se estableció la relación con la caracterización fisicoquímica y los parámetros de calidad evaluados. Esta actividad permitió comparar la aceptabilidad del consumidor de la guayaba de Michoacán con respecto a frutos de otros estados productores.

4.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado para poder realizar los análisis estadísticos de los datos obtenidos. Los datos fueron analizados mediante análisis de variancia (ANOVA) y Pruebas de rango múltiple (Duncan) con una $p \leq 0.05$ fueron empleadas para determinar la diferencia estadística entre las medias. Para estos análisis se utilizó el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences versión 9.0, Student).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1 EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICA, QUÍMICA Y FISIOLÓGICA DE LA GUAYABA PROCEDENTE DE MICHOACÁN ALMACENADA A TEMPERATURA AMBIENTE.

5.1.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA GUAYABA.

Se determinaron las características físicas, químicas, fisiológicas y de calidad de la guayaba cultivada y cosechada en el Estado de Michoacán. Estas características fueron evaluadas en el estado de madurez comercial.

En la Tabla 13, se muestran las características físicas (peso y diámetro ecuatorial) de las guayabas. Los frutos presentaron un color verde, diámetro ecuatorial de 4.72 cm, una firmeza de 8 kg/cm² y un peso promedio de 48.64 g que de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-040-SCFI-2002 para guayabas se consideran de primera calidad.

Diferentes características físicas son utilizadas como índices de madurez en guayaba. La relación peso /longitud y el diámetro son unas de las más utilizadas. Estas características nos ayudaron a establecer los rangos para contar con lotes homogéneos de los frutos. Sin embargo, el índice de madurez más utilizado para muchas variedades de guayaba es el contenido de los sólidos solubles (°Bx).

El tamaño constituye un importante criterio o atributo de calidad, que puede apreciarse objetivamente mediante la determinación de la circunferencia o diámetro ecuatorial, la longitud, la anchura, el peso ó el volumen de los frutos (Wills *et al.*, 1998).

Tabla 13. Características físicas de la guayaba.

PARÁMETRO	MICHOACÁN	AGUASCALIENTES
PESO (g) (n= 1238)	80.65 ± 13.07	75.85 ± 10.15
DIÁMETRO ECUATORIAL (cm)	5.39 ± 0.27	5.54 ± 0.31
PESO / DIÁMETRO (g/cm)	15	13.7

Los datos presentados son el promedio de nueve repeticiones ± SD.

5.1.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y FISICOQUÍMICA DE LA GUAYABA.

Se procedió a caracterizar la guayaba mediante un análisis químico para determinar cuales son sus componentes mayoritarios de acuerdo a las técnicas mencionadas en materiales y métodos. En la Tabla 14 se puede observar su alto contenido de fibra y un contenido bajo de proteína, siendo además una fuente importante de azúcares.

En cuanto a la composición química resalta su alto contenido de fibra puede ayudar a la digestión y estimular el metabolismo, además presenta un aporte bajo en calorías (69 calorías por 100 g de porción comestible) lo que lo hace, un fruto de relevancia para la dieta humana.

Tabla 14. Composición química de la guayaba.

COMPONENTE	g/100 g muestra
Proteína	0.27 ± 0.54
Humedad	80.07 ± 0.18
Cenizas	0.59 ± 0.03
Azúcares reductores	10.74 ± 1.55
Fibra	3.80 ± 0.19
Pectina	1.01 ± 0.07

Los datos presentados son el promedio de nueve repeticiones ± SD.

Los parámetros de calidad (pH, sólidos solubles, acidez, firmeza y color) de los frutos son de gran importancia ya que nos permiten evaluar las características relacionadas con el sabor, textura y apariencia, que afectarán la aceptación del producto. En la tabla 15 se muestran las características físico-químicas de la guayaba.

Tabla 15. Características físico-químicas de la guayaba.

Sólidos solubles (°Bx)	7.83 ± 0.76	
Acidez (% ácido cítrico)	2.24 ± 0.28	
pH	5.46 ± 0.29	
Color	L	63.04± 5.67
	a	-16.74±1.46
	b	47.59 ± 3.52
Firmeza (Kg/cm ²)	3.55 ± 0.58	

Los datos presentados son el promedio de nueve repeticiones ± SD.

5.1.3 CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA DE LA GUAYABA.

En la Figura 18 se puede observar la tasa respiratoria medida en función de la producción de CO_2 de la guayaba. Debido a que la guayaba es un fruto climatérico presenta cambios en la respiración durante el proceso de maduración. Durante el pre-climaterio (estadio E1) no se observó un valor significativo de producción de CO_2 . Al sexto día se presentó el inicio del climaterio (estadio E2) con un aumento en la respiración alcanzando valores alrededor de 55 $\text{mg CO}_2/\text{Kg PF h}$. En el séptimo día el fruto alcanzó el máximo climaterio (estadio E3) con valores de 165 $\text{mg CO}_2/\text{Kg PF h}$, lo cual indicó que la guayaba estaba en el grado óptimo de madurez comercial. Finalmente se observó un descenso en la respiración, llamado post-climaterio (estadio E4) donde se presentó el inicio de la senescencia que se extiende hasta el 15° día de almacenamiento a 20°C.

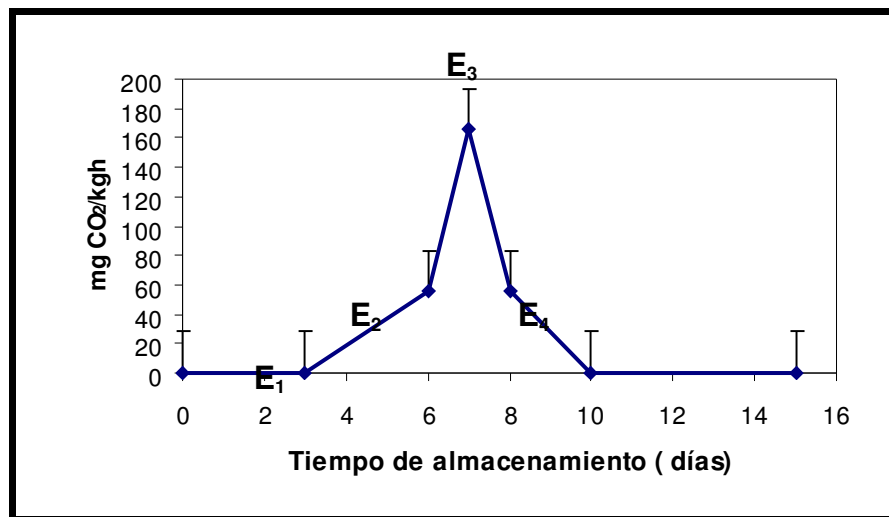


Figura 18. Cambios en la respiración de la guayaba durante el almacenamiento a 20°C. Cada valor representa la media de 9 réplicas. Las barras verticales representa \pm la SD.

5.2 EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS, FISICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE LA GUAYABA CULTIVADA EN AGUASCALIENTES Y MICHOACÁN Y ALMACENADAS A TEMPERATURA AMBIENTE Y REFRIGERACIÓN.

Se evaluaron diferentes características de las guayabas procedentes de las dos principales zonas productoras: Michoacán y Aguascalientes. El objetivo fue establecer las diferencias en el comportamiento en postcosecha, así como en las principales características de calidad: sabor, color, aroma y firmeza.

Durante varias décadas el estado de Aguascalientes ha sido el mayor productor de guayaba, sin embargo en los últimos años el fruto cultivado en Michoacán está ganando mucho mercado nacional e internacional. Por tal motivo, la evaluación de las características fisiológicas, de calidad y sensoriales servirán de instrumento para la comparación entre los frutos cultivados en las dos principales zonas productoras del país.

5.2.1 CAMBIOS EN LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE LAS GUAYABAS CULTIVADAS EN AGUASCALIENTES Y MICHOACÁN DURANTE SU ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACIÓN Y A TEMPERATURA AMBIENTE.

La calidad de un fruto se define como una combinación de características, atributos y propiedades que le darán un valor como alimento. La calidad se asocia con una buena apariencia, firmeza, sabor, valor nutritivo y la seguridad que ofrece al consumidor (Flores-Gutiérrez, 2000).

5.2.1.1 CAMBIOS EN EL pH DE GUAYABAS DE AGUASCALIENTES Y MICHOACÁN.

En la figura 19-A se muestra el cambio en el pH de los frutos almacenados a temperatura de 20°C, se observó un comportamiento similar en las guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán. Ambos frutos presentaron un pH inicial de 3.57, registrándose un pequeño aumento al 3^{er} día alcanzando un pH de 4.5 y culminando con un pH de 4.0 al final del almacenamiento a los 15 días. No se registró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) al final del almacenamiento entre los frutos de las dos zonas estudiadas.

En la figura 19-B se muestra el cambio de pH de los frutos almacenados a la temperatura de 8°C (refrigeración comercial), presentaron un comportamiento similar a los almacenados a 20°C, con una diferencia en el periodo de almacenamiento, el cual fue de 30 días. La guayabas

presentaron un pH inicial de 3.6, registrándose un pequeño aumento al 9° y 14° día, alcanzando un pH de 4.53, y al final del almacenamiento se observó una disminución de pH hasta valores de 3.6. No se observó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los valores de pH de las guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán al final del almacenamiento. Esto nos indica que conforme avanza el proceso de maduración aumenta el número de ácidos orgánicos, y en cuanto inicia la senescencia el grado de acidez disminuye y puede verse reflejado en los valores de pH registrados en las guayabas.

Resultados similares fueron encontrados por Laguado *et al.* (1999), quienes estudiaron las características fisicoquímicas y fisiológicas en dos tipos de guayaba durante su maduración, encontrándose que el pH cambio desde 3.8 a 4.0. Resultados que concuerdan con lo obtenido en el presente estudio con las guayabas procedentes de Aguascalientes y Michoacán.

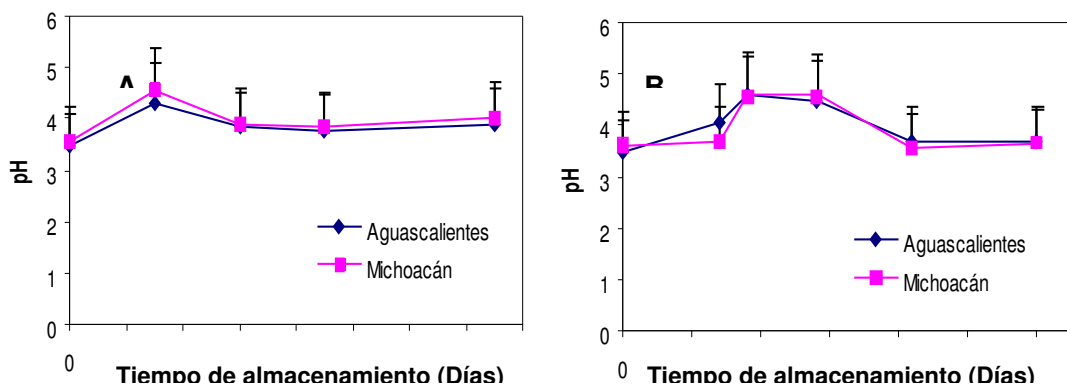


Figura .1901.1 A-B Cambios en el pH de guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán y almacenadas a: temperatura de: A) 20°C (A) y B) 8°C (B). Cada valor representa la media de 9 réplicas. Las barras verticales representa \pm la SD.

5.2.1.2 CAMBIOS EN LA ACIDEZ DE GUAYABAS CULTIVADAS EN AGUASCALIENTES Y MICHOACÁN.

Otro parámetro evaluado fue la acidez, característica relacionada con el sabor de los frutos. El contenido de ácidos orgánicos de las frutas nunca suele llegar a cero, sino que es común que se encuentren en niveles bajos dependiendo muchos de ellos del sabor típico de cada fruto y se observan pequeños cambios a lo largo del proceso de maduración (Flores-Gutiérrez, 2000).

En la figura 20-A se muestra los cambios en la acidez de guayabas procedentes de Michoacán y Aguascalientes almacenadas a 20°C. Al inicio del almacenamiento las guayabas presentaron un porcentaje de acidez de 1%, ambas muestras sufren un descenso a los tres días de su almacenamiento llegando al 0.31%, mientras que al final del almacenamiento (15 días) se observó que las guayabas de Michoacán presentaron valores de 0.63%, mientras que las guayabas de Aguascalientes alcanzaron valores de 0.81%. Se encontró que existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre la acidez de las guayabas de Michoacán y Aguascalientes al final del almacenamiento.

En la Figura 20-B se muestran los cambios en la acidez de las guayabas almacenadas a 8°C, encontrándose que los frutos presentaron una acidez del 1.08% al inicio del almacenamiento, tanto en los frutos procedentes de Aguascalientes como de Michoacán. Al 9° día de almacenamiento se observó un descenso de acidez hasta valores de 0.45%. Al final del periodo de almacenamiento (30 días) se observó que la guayaba de Michoacán presentó una acidez de 0.62%, mientras que las guayabas de Aguascalientes alcanzaron valores de 0.79%. Se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre la acidez de los frutos procedentes de Aguascalientes y los de Michoacán. Como se pudo observar el porcentaje de acidez decreció conforme avanzó la maduración del fruto, la disminución de acidez se atribuye a la reducción del contenido de ácidos orgánicos debido a la conversión de estos en azúcares y su utilización en procesos metabólicos.

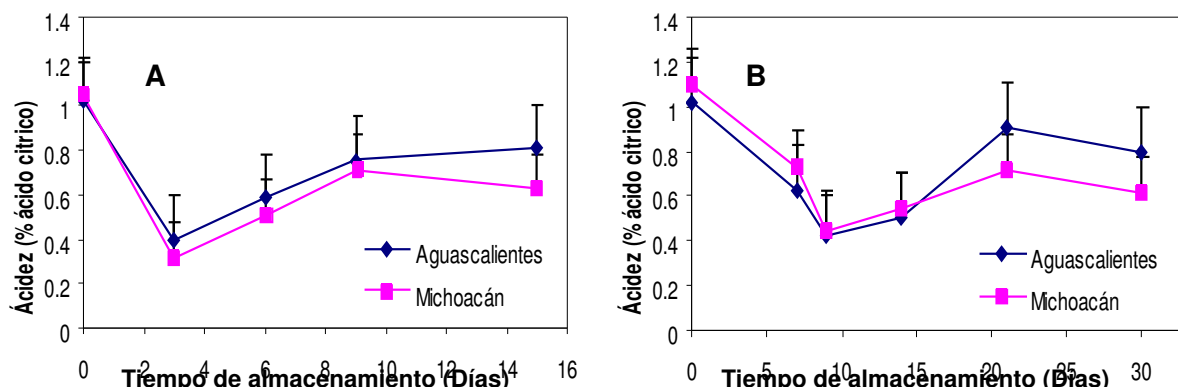


Figura 20. Cambios en la acidez de guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán, y almacenadas a: temperatura de: A) 20°C (A) y B) 8°C (B). Cada valor representa la media de 9 réplicas. Las barras verticales representa \pm la SD.

5.2.1.3 CAMBIOS EN LOS SÓLIDOS SOLUBLES DE GUAYABAS CULTIVADAS EN AGUASCALIENTES Y MICHOACÁN.

Otro parámetro evaluado fue el contenido de sólidos solubles. Los frutos contienen muchos productos solubles en agua como por ejemplo; azúcares, ácidos, vitamina C, aminoácidos y algunas pectinas. Estos compuestos solubles forman el contenido de sólidos solubles del fruto. Los azúcares representan el principal componente de los ácidos solubles en frutos. Además de que son una importante característica de la calidad postcosecha, aumentan durante la maduración. Sin embargo, la magnitud del aumento depende de la variedad (Flores-Gutiérrez, 2000). En la Figura 21-A se presentan los cambios en los sólidos solubles de guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán y almacenados a temperatura de 20°C. Las guayabas de Aguascalientes presentaron un contenido de sólidos 11.5 °Bx al inicio del almacenamiento, mientras que las guayabas de Michoacán contenían 10.6 °Bx. A lo largo del proceso de maduración se observó que los frutos de Aguascalientes alcanzaron un mayor contenido de sólidos solubles en comparación de los de Michoacán. Al final del almacenamiento (15 días) los frutos de Aguascalientes presentaron valores de 14.6 °Bx, mientras que los de Michoacán solamente llegaron a 13.7 °Bx. Los cambios en sólidos solubles se debe a la degradación de almidones y la formación de azúcares simples que se forman conforme el fruto lleva acabo su maduración. Se encontró que la zona de cultivo si afectó significativamente el contenido de sólidos solubles de la guayaba a lo largo de la maduración, sin embargo al final del almacenamiento no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$). En la Figura 21-B se presenta el cambio en el contenido de sólidos solubles de guayabas almacenadas a temperatura de 8°C. Al inicio del almacenamiento las guayabas de Aguascalientes presentaron un contenido de sólidos solubles de 11.5 °Bx mientras que, las guayabas de Michoacán presentaron un contenido de 10 °Bx. Al final del almacenamiento, las guayabas de Aguascalientes alcanzaron valores de 17 °Bx, mientras que las guayabas de Michoacán de 13.6 °Bx. Se registró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el contenido de sólidos solubles de las guayabas cultivadas en Michoacán y Aguascalientes a lo largo de los 30 días de almacenamiento a 8°C.

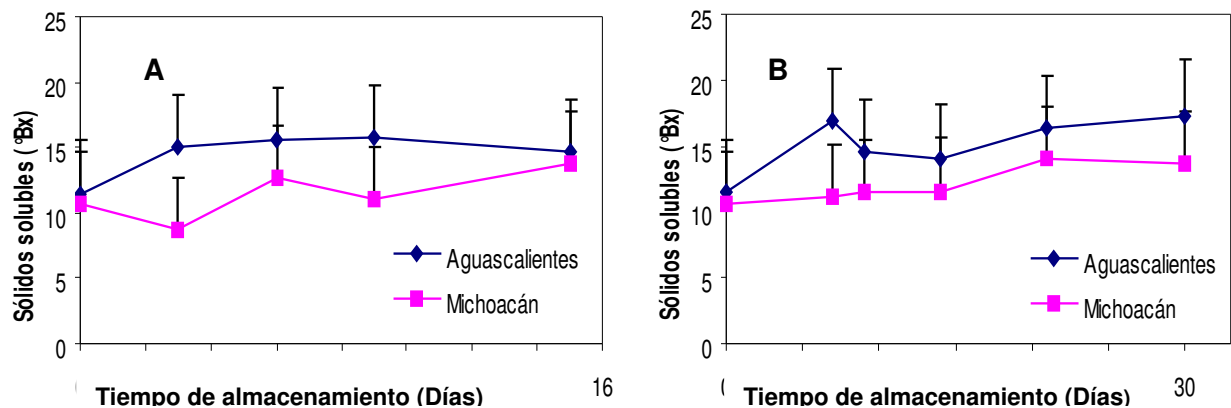


Figura 2123. Cambios en los sólidos solubles en guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán, y almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B). Cada valor representa la media de 9 réplicas. Las barras verticales representa \pm la SD.

Las guayabas cultivadas en Aguascalientes presentaron una mayor cantidad de sólidos a lo largo del almacenamiento a temperatura de 20°C así como 8°C, observándose que conforme avanza la maduración se incrementó la cantidad de azúcares. Por lo que, las guayabas de Aguascalientes son más dulces a comparación con las guayabas de Michoacán. Por otro lado, Quijano *et al.* (1999) reportaron que al realizar una comparación de dos variedades de guayabas obtuvieron un porcentaje de sólidos solubles entre 11 a 12, recolectadas en maduración comercial almacenadas a una temperatura de 28°C y humedad relativa de 60%. Por lo que la temperatura de almacenamiento y la zona de cultivo pueden afectar a este parámetro, como se observó en el presente trabajo.

5.2.1.4 DETERMINACIÓN DE LA FIRMEZA DE GUAYABAS CULTIVADAS EN AGUASCALIENTES Y MICHOACÁN.

Otro de los cambios que sufre la guayaba son los cambios en la firmeza. A medida que va alcanzando su madurez fisiológica y organoléptica, la fruta se va ablandando por disolución de la lamina media y de las paredes celulares. Este ablandamiento puede valorarse cualitativamente, presionando con el dedo pulgar, pero también puede medirse cuantitativamente, obteniendo una expresión numérica de la consistencia mediante un Penetrómetro (Wills *et al.*, 1998). La firmeza

es una característica compuesta que es el resultado de una combinación de varios factores, como la turgencia y los componentes estructurales de los tejidos y células. Es una importante característica de calidad postcosecha que puede ser utilizada como índice de maduración. También es importante en la evaluación de la susceptibilidad de los frutos a daños físicos, mecánicos o manejo postcosecha, ya que ésta varía de acuerdo a la madurez y variedad (Ketsa *et al.*, 1999). En la Figura 22-A se muestran los cambios en la firmeza de guayabas almacenadas a 20°C. Al inicio del almacenamiento los frutos presentaron una firmeza de 7.5 Kg/cm² tanto para las cultivadas en Aguascalientes como las de Michoacán. Al final del almacenamiento (15 días) se obtuvo una firmeza de 2.4 y 2.7 Kg/cm² para las Guayabas de Aguascalientes y las guayabas de Michoacán, respectivamente. No se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre la firmeza de ambas frutas. En la Figura 22-B se muestran los cambios en la firmeza de las guayabas almacenadas a una temperatura de 8°C. La firmeza de las guayabas de Aguascalientes y Michoacán al inicio del almacenamiento fue de 9.4 Kg/cm². Al final del almacenamiento después de 30 días se obtuvo una firmeza 2.4 y 5.8 Kg/cm² para las guayabas de Aguascalientes y las de Michoacán, respectivamente. Se observó durante el tiempo de almacenamiento que las guayabas de Michoacán presentaron una mayor firmeza en comparación con las de Aguascalientes en las diferentes temperaturas de almacenamiento (20 y 8°C). Se registró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre la firmeza de los frutos cultivados en Michoacán y Aguascalientes al final del almacenamiento. Al comparar los cambios en la firmeza de las guayabas se observó que las cultivadas en Aguascalientes presentaron una pérdida de firmeza del 67% en ambas temperaturas de almacenamiento. Mientras, las cultivadas en Michoacán presentaron una pérdida de firmeza del 63% a 20°C y en el almacenamiento a 8°C solamente se registró una pérdida del 20%.

Trabajos de Quijano *et al.* (1999), reportaron datos similares de firmeza entre 8 y 10 kg/cm² al inicio de la experimentación. Es evidente que a medida que el fruto avanzó en su estado de madurez, desciende la firmeza del mismo, y es sabido que las principales causas de ello son los cambios en la estructura y composición de las paredes celulares mediante la degradación o hidrolización enzimática de sustancias celulósicas pécticas y ácidos poligalacturónicos.

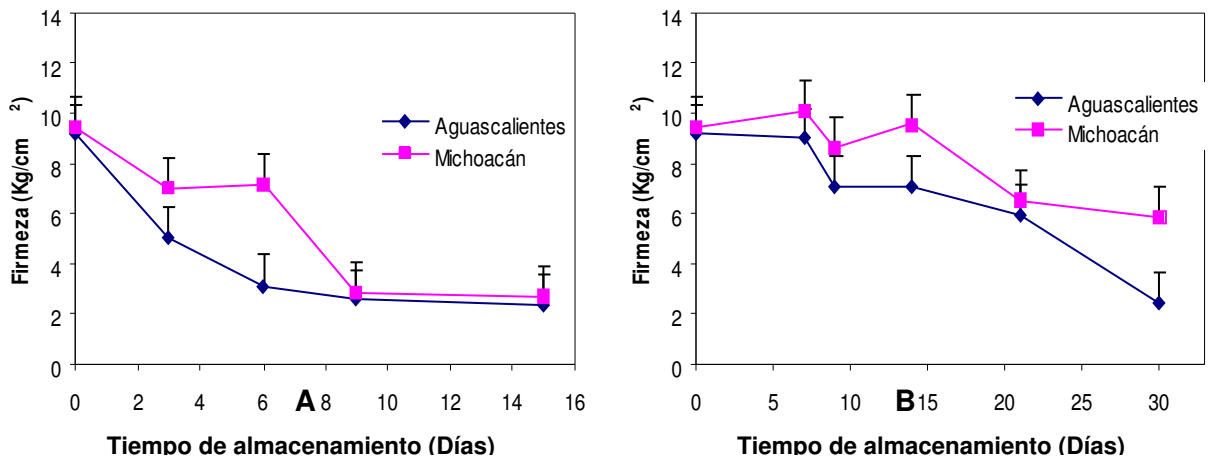


Figura 22. Cambios en firmeza de guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán, y almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B). Cada valor representa la media de 9 réplicas. Las barras verticales representa \pm la SD.

5.2.1.5 PÉRDIDA DE PESO EN GUAYABAS CULTIVADAS EN AGUASCALIENTES Y MICHOACÁN.

La evaluación del porcentaje de pérdida de peso durante el almacenamiento es esencial debido a la alta tasa de respiración. La pérdida de agua ocurre durante la maduración del fruto, particularmente durante la fase climatérica, causando una reducción neta en el peso de los frutos (Doreyappa y Huddar, 2001).

En la figura 23 se observa que las guayabas cultivadas en Michoacán presentaron mayor porcentaje de pérdida de peso 24% al final del almacenamiento mientras que, las de Aguascalientes alcanzaron un porcentaje de 20% al final del periodo de almacenamiento a 20°C. Encontrándose diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre la pérdida de peso registrada en ambas frutas. Cuando el almacenamiento fue a 8°C, las guayabas de Aguascalientes alcanzaron una pérdida de peso del 15%, mientras que las de Michoacán del 13% en un tiempo de almacenamiento de 30 días, con una humedad relativa del 95%.

La pérdida de peso fue mayor para las guayabas almacenadas a temperatura de 20°C esto se debe a que la pérdida de peso está en función de la temperatura y HR del almacenamiento. La

pérdida fisiológica de peso puede ser atribuida a la transpiración de agua a través de la piel, que está influenciada por el tamaño del fruto, la temperatura de almacenamiento y variedad (Doreyappa y Huddar, 2001).

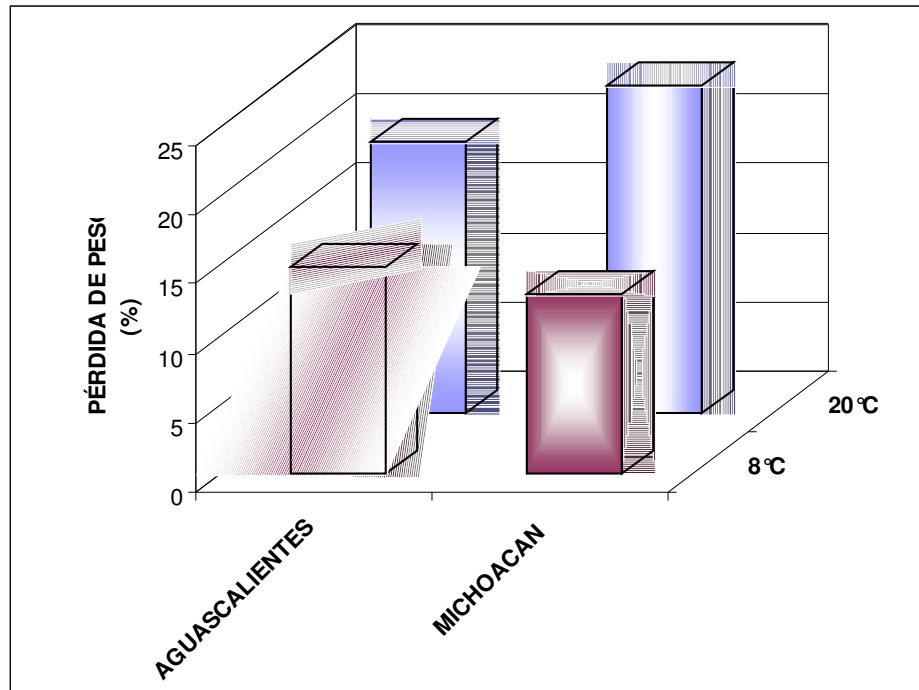


Figura 23. Pérdida de peso en guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán, almacenadas: 15 días a 20°C y 30 días a 8°C.

5.2.1.6 CAMBIOS EN EL COLOR DE GUAYABAS CULTIVADAS EN AGUASCALIENTES Y MICHOACÁN.

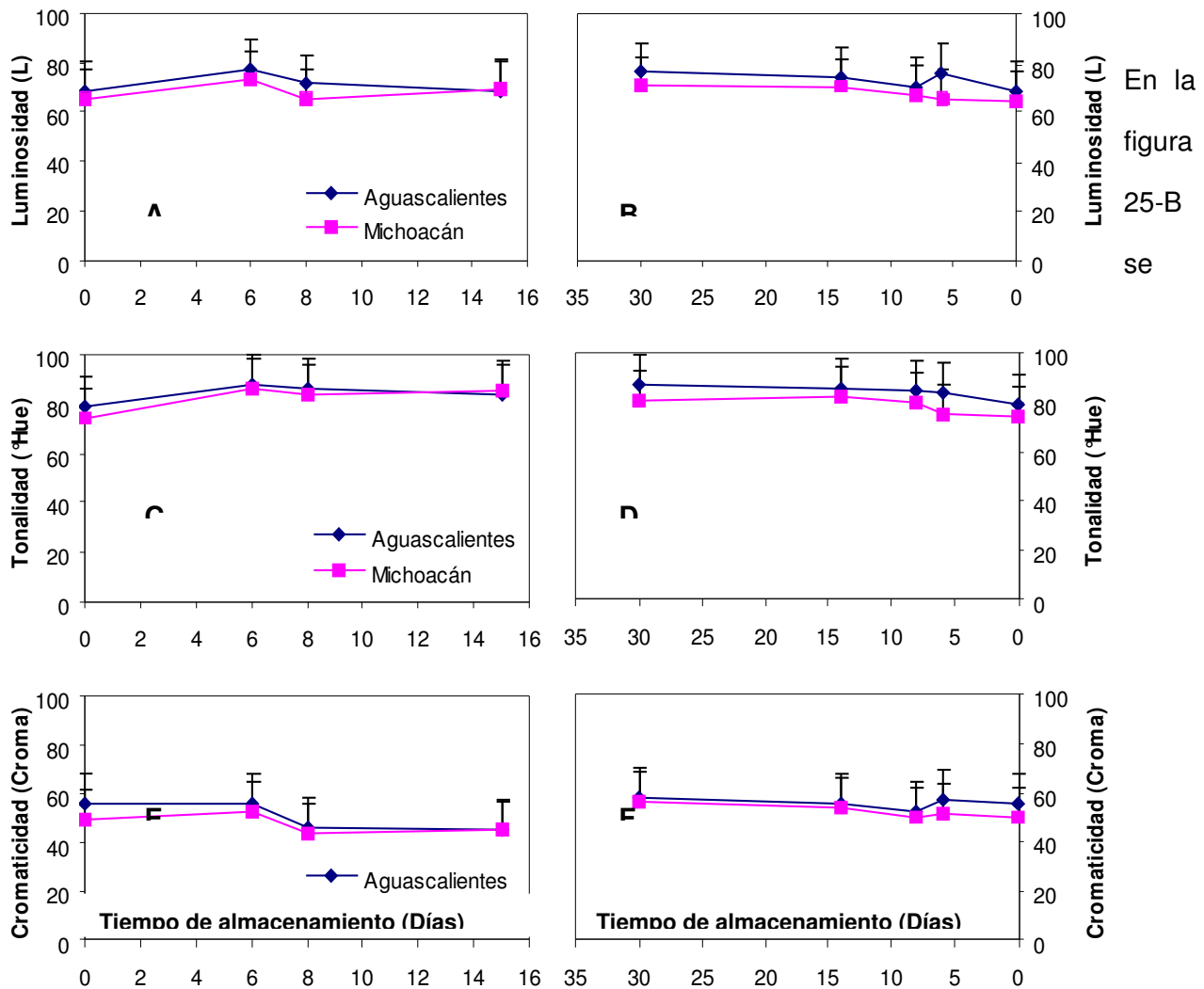
El color es un factor importante para valorar la calidad de un alimento. Este parámetro está frecuentemente ligado a la maduración, a la presencia de impurezas y/o a la realización apropiada o defectuosa de un tratamiento tecnológico, así como a malas condiciones de almacenamiento ó comienzo de una alteración por microorganismos. Por eso la calidad de los alimentos se basa en el color utilizando diferentes métodos oficiales (Cheftel *et al.*,1992). En muchos frutos la desaparición del color verde (frecuentemente designado como color de fondo) constituye un buen índice de su grado de madurez. Inicialmente se produce una pérdida gradual de la intensidad del color verde oscuro, hasta alcanzar una tonalidad más clara y en algunos productos, la total desaparición del verde, acompañada de la aparición de un color amarillo, rojo o púrpura (Wills *et al* 1998).

Todo color queda definido por 3 características: la tonalidad (Hue), la intensidad luminosa (L) y la variación o saturación, croma, dados en este orden (Cheftel *et al.*, 1992). En la figura 24-A se observa la luminosidad de las guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán y almacenadas a 20°C durante 15 días. El comportamiento fue similar para ambas frutas y no se registró una variación significativa. En la figura 24-B se muestra los frutos almacenados a 8°C y de igual manera no se observó ninguna variación significativa, cabe señalar que las muestras estuvieron almacenadas en un tiempo de 30 días. La tonalidad o ángulo Hue, indica la tonalidad de matiz que tiene la muestra y está representada por un ángulo (McGuire, 1992). La figura 24-C muestra los cambios en la tonalidad de los frutos cultivados en Aguascalientes y Michoacán almacenadas a 20°C, se observó que no hay variación significativa y se mantiene constante la tonalidad al inicio y al final de la experimentación en un tiempo de almacenamiento de 15 días con valores alrededor de 80. La figura 24-D muestra las guayabas almacenadas a 8°C, encontrándose un ligero aumento en el tono de las guayabas de Aguascalientes, sin embargo no se registró diferencia significativa entre el tono de ambos frutos. En la figura 24-E se observa que al inicio del almacenamiento las guayabas de Aguascalientes y Michoacán presentaron valores de cromaticidad alrededor del 50-60 y al final del almacenamiento se presentó un ligero descenso en ambas frutas. En la figura 24-F se observó que se mantiene constante la cromaticidad durante el almacenamiento a 8°C para los frutos de Aguascalientes y Michoacán.

5.2.1.7 CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE VITAMINA C (ÁCIDO ASCÓRBICO) EN GUAYABAS CULTIVADAS EN AGUASCALIENTES Y MICHOACÁN.

La estabilidad de ácido ascórbico aumenta generalmente al descender la temperatura, algunas investigaciones indican que las pérdidas podrían acelerarse durante la congelación o almacenamiento bajo congelación; se ha demostrado, que no es probable que esto ocurra en la práctica (Fennema, 1993). En la Figura 25-A se muestra el cambio en el contenido de ácido ascórbico de guayabas almacenadas a 20°C cultivadas en Michoacán y Aguascalientes. En su almacenamiento a 20°C se observó que las guayabas de Michoacán presentaron una cantidad inicial de ácido ascórbico de 174mg/100g muestra, alcanzando al 7° día un incremento del 68% y

al final del almacenamiento alcanzaron niveles similares a los iniciales. Las muestras de Aguascalientes inician con un nivel de ácido ascórbico de 119 mg/100g muestra, alcanzando al 10° día de almacenamiento un 50% de incremento y finalizando con 140 mg/100g al 15° día de su almacenamiento. A lo largo del almacenamiento se observaron cambios en el contenido de ácido ascórbico, no encontrándose diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre las guayabas de Michoacán y Aguascalientes.



En la figura 25-B se

Figura 24. Cambios de color en guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán, almacenadas a: 20°C (A,C,E,C,D) y 8°C (B,D,F,D,F). Cada valor representa la media de 9 réplicas. Las barras verticales representa \pm la SD.

muestra los cambios del ácido ascórbico de las guayabas cultivadas en las dos regiones, pero almacenadas a 8°C. Las guayabas de Michoacán presentaron niveles superiores que las de Aguascalientes durante los 30 días de almacenamiento. Los frutos de Michoacán presentaron un

mayor contenido de ácido ascórbico iniciando con 174.5 mg/100g, alcanzando el 22° día un incremento de 64% y finalizando al 30° día con niveles de 239.5 mg/100g muestra, lo que indica que disminuye un 16% con respecto al máximo, pero se mantienen los niveles superiores a los iniciales. Las guayabas de Aguascalientes presentaron un menor contenido de ácido ascórbico comenzando con 119 mg/100g llegando al 10° día de su almacenamiento y finalizando al 30° día con una disminución del 25% del contenido máximo.

Por lo tanto, se puede señalar que la guayaba almacenada a una temperatura de 8°C puede prolongar la vida postcosecha manteniéndose en buenas condiciones organolépticas y de calidad. En cuanto al contenido de ácido ascórbico se ha reportado que en frutos varía de manera considerable conforme a muchos factores como las heridas o cortes que sufren provocando un gran aumento de la actividad respiratoria y de la división celular, que van acompañadas de un incremento de la vitamina C. El frío inhibe su síntesis, mientras que la temperatura ambiente y la obscuridad la favorecen (Badui, 1996). Según Bogdanski y Bogdanska (1961), en algunas variedades de manzanas la disminución del contenido en vitamina C no es uniforme, pudiendo aumentar al principio del almacenamiento y disminuir, de nuevo al final del mismo. En las ciruelas se produce un aumento del contenido de vitamina C (Schlottman *et al.*, 1961), mientras que en las fresas hay una disminución inmediatamente después de la cosecha, la cual es distinta según la variedad del fruto. La pérdida de vitamina C de las manzanas depende de la temperatura de almacenamiento. A -0.5 °C hay una pérdida del 30% del valor inicial, mientras que a 2.5°C la pérdida puede ser del 50% (Wolf, 1941). Aunque se citan muchas excepciones, en general, las proporciones más elevadas de vitamina C se encuentran en los frutos antes de su maduración completa y luego disminuyen, muy lentamente en la sobremaduración (Primo, 1987).

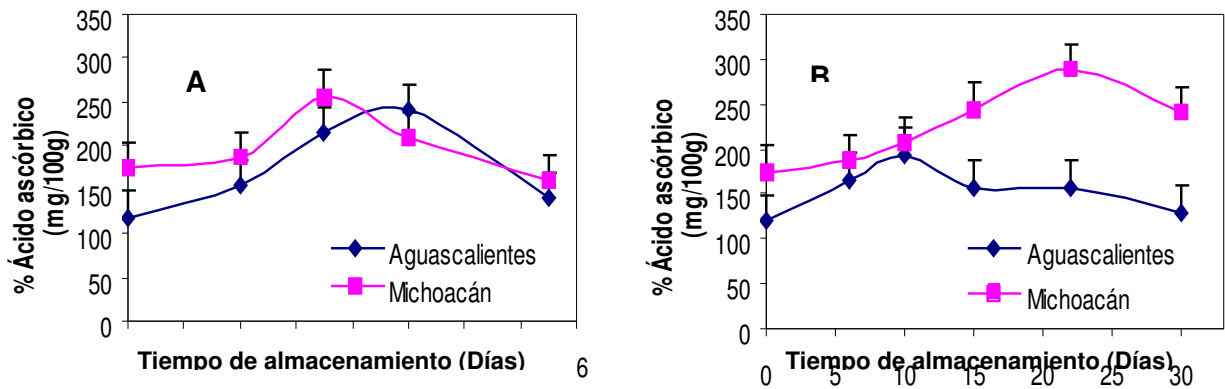


Figura 25. Cambios en el contenido de vitamina "C" (ácido ascórbico) de guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán, almacenadas a temperatura de: 20°C (A) y 8°C (B). Cada valor representa la media de 9 réplicas. Las barras verticales representa \pm la SD.

5.2.1.8 DETERMINACIÓN DE LA RESPIRACIÓN DE GUAYABAS CULTIVADAS EN AGUASCALIENTES Y MICHOACÁN.

La respiración es un proceso metabólico fundamental, tanto en el producto recolectado como en cualquier producto vegetal vivo. Puede describirse como la degradación oxidativa de los productos más complejos normalmente presentes en las células, como el almidón, los azúcares y los ácidos orgánicos a moléculas más simples, como el dióxido de carbono y el agua con liberación de energía y otras moléculas que pueden ser utilizadas en las reacciones sintéticas acaecidas en las células (Wills *et al.*, 1998).

En la figura 26-A se muestra el cambio en la respiración, medida en función de la producción de CO₂ a temperatura de 20°C en las guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán. Durante el inicio del climaterio los frutos de Aguascalientes alcanzaron valores de 33.13 mg CO₂/Kg PF h en el 9° día y alcanzaron su máximo climaterio (E₃) con valores de 66.26 mg CO₂/Kg PF h, culminando con el post-climaterio (E₄) a los 15 días de su almacenamiento, mientras que las guayabas de Michoacán iniciaron el climaterio al 7° día con valores de 37.16 mg CO₂/Kg PF h y alcanzaron su máximo climaterio (E₃) en el 9° día con valor de 70.32 mg CO₂/Kg PF h, finalizando en el postclimaterio hasta los 15 días de su almacenamiento.

En la figura 26-B se presenta los cambios en la respiración de las guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán y, almacenadas a temperatura de 8°C. Las Guayabas de

Aguascalientes presentaron en el inicio del climaterio (E_2) valores de 40 mg CO_2 /Kg PF h al 5° día de almacenamiento, alcanzando su máximo climaterio (E_3) con valores de 146.7 mg CO_2 /Kg PF h al 11° día, terminando con el post-climaterio (E_4) con valor de 26.6 mg CO_2 /Kg PF h a partir de 18° día, extendiéndose hasta el 30° día de su almacenamiento. Mientras que, las guayabas de Michoacán en el inicio del climaterio (E_2) se registraron valores de 23.3 mg CO_2 /Kg PF h al 17° día, alcanzando su máximo climaterio (E_3) al 18° día con valores de 93.2 mg CO_2 /Kg PF h, finalizando en el post-climaterio (E_4) con valores de 23.3 mg CO_2 /Kg PF h al 26° día, extendiéndose hasta los 30 días de su almacenamiento. Las condiciones de almacenamiento especialmente la temperatura pueden modificar la actividad respiratoria, estos factores se utilizan para prolongar la conservación de diversas frutas. Igualmente debe resaltarse que la actividad respiratoria puede acelerarse cuando el tejido está dañado mecánicamente (Cheftel *et al.*, 1992). Se observó contrario a lo que se esperaba que las guayabas almacenadas a temperaturas bajas presentaron valores mayores de dióxido de carbono en comparación con las guayabas almacenadas a temperatura ambiente. A pesar de este comportamiento se observó un retraso en el inicio del máximo climaterio en las guayabas almacenadas a 8°C; por lo que el almacenamiento a bajas temperaturas permitió alargar la vida de anaquel sin alguna alteración fisiológica como son los daños por frío.

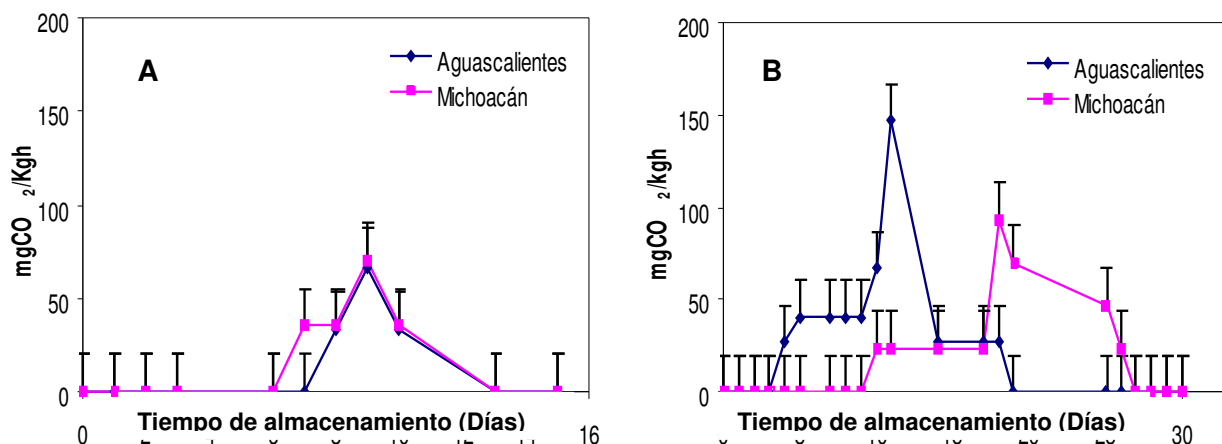


Figura 26. Cambios en la respiración de guayabas cultivadas en Aguascalientes y Michoacán, almacenadas a temperatura de: 20°C (A) y 8°C (B). Cada valor representa la media de 9 réplicas. Las barras verticales representa \pm la SD.

5.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DE GUAYABAS CULTIVADAS EN AGUASCALIENTES Y MICHOACÁN.

Los atributos de firmeza y sabor son una combinación de sensaciones derivadas desde los labios, la lengua, las paredes de la boca y los dientes, ya que cada área es sensible a pequeñas diferencias de presión y responden a cada atributo de los alimentos. En el sabor intervienen diversos componentes del fruto como: el contenido de azúcares, ácidos orgánicos, fenoles, etc. El sabor de la fruta se basa principalmente en el balance entre los azúcares, ácidos orgánicos y numerosos compuestos aromáticos (Mendlicott y Thompson, 1985). En la firmeza intervienen diversas enzimas que actúan sobre las pectinas que dan rigidez a los tejidos, con lo que se debilita la pared celular y la fruta se hace más suave. Durante la maduración se dan cambios en la composición relacionados con el sabor, firmeza y apariencia final del fruto. Se realizó una análisis sensorial de las guayabas procedentes de los diferentes estados productores, después de que alcanzaron la madurez comercial. En la tabla 16 se muestran los resultados de la prueba de atributos. En la prueba de atributos, los panelistas evaluaron como aromáticas (3.29) y dulces (2.70) a las guayabas cultivadas en Aguascalientes, comparados con las guayabas de Michoacán que fueron definidas como ligeramente-aromáticas (2.5) y ligeramente-dulces (1.91). Mientras que, para la firmeza las guayabas de Michoacán fueron evaluadas entre firme ligeramente-duras (3.54), en comparación con los frutos de Aguascalientes que fueron evaluado como ligeramente-blando (2.5). Acerca de la aceptabilidad global, se encontró que no existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre las guayabas de las dos zonas productoras. Las guayabas de Aguascalientes obtuvieron una puntuación de (3.79), lo que indica que es una evaluación de gusta ligeramente y los de Michoacán una evaluación de aceptable (3.29).

Tabla 16. Análisis sensorial de guayabas procedentes de Aguascalientes y Michoacán, almacenados a 20°C.

Características	Aguascalientes	Michoacán
Aroma	3.29 ± 0.80 a	2.5 ± 0.83 b
Firmeza	2.5 ± 0.78 a	3.54 ± 0.66 b
Sabor	2.70 ± 0.55 a	1.91 ± 0.71 b

Letras iguales entre cada atributo indica que no existe diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre las dos muestras.

Algunas relaciones fueron encontradas entre los análisis fisicoquímicos y las apreciaciones sensoriales de los frutos. De esta manera, las guayabas procedentes de Aguascalientes que fueron evaluados como dulces fueron los que habían presentado mayores contenido de sólidos solubles (15°Bx), seguidos de las guayabas de Michoacán (10°Bx). La firmeza también había sido mayor en los frutos de Michoacán, lo cual concuerda con la evaluación realizada sensorialmente. De los resultados anteriormente presentados se puede mencionar que las guayabas de Aguascalientes son más aromáticas y más dulces en comparación con las guayabas de Michoacán. Sin embargo las guayabas de Aguascalientes tienen menor firmeza que las guayabas de Michoacán (figura 27).

Las características físicas, fisiológicas, bioquímicas y sensoriales de los frutos varía entre diferentes variedades del mismo fruto, pero incluso entre frutos de la misma variedad. Las características sensoriales de los frutos varían de acuerdo al lugar de cosecha, estación del año, días de transporte, grado de madurez en el momento en que se cosechó el fruto y algunos otros factores (Saftner y Baldi, 1990).

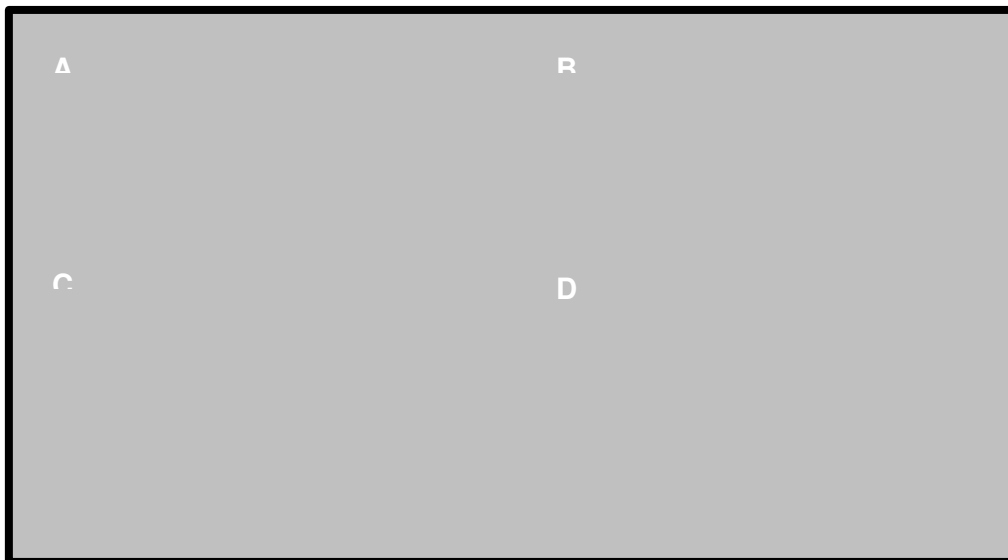


Figura 27. Efecto en la maduración de guayabas de Michoacán conservadas a temperatura de 8°C (A, B) y Aguascalientes conservadas a temperatura de 20°C (C,D) al inicio y al final del almacenamiento.

5.4 EFECTO DE LA CONSERVACIÓN DE GUAYABAS EN ATMÓSFERA MODIFICADAS Y REFRIGERACIÓN.

La utilización de atmósferas modificadas (AM), así como el uso de temperaturas de refrigeración permiten mantener la calidad de los frutos, en virtud de la reducción del metabolismo vegetal (Wiley, 1997). Esa reducción, caracterizada por la disminución de la tasa respiratoria y de la producción de etileno, puede extender la vida útil de muchos productos hortofrutícolas. Algunas propiedades físicas y físico-químicas, como la concentración de vitamina C, sólidos solubles, acidez, pH, firmeza ó color, pueden verse afectadas por el almacenamiento en AM, por lo que se requiere evaluar el efecto del almacenamiento en materiales de diferente permeabilidad al O₂ y/o CO₂ para seleccionar el más adecuado. Según Klein (1987), la concentración de vitamina C es uno de los mejores indicadores de la calidad de los productos vegetales durante su almacenamiento, por lo que en el presente trabajo se determinó el contenido de vitamina "C" para evaluar la efectividad de la conservación en AM y establecer el efecto sobre la calidad y tiempo de vida útil de guayabas.

5.4.1 EFECTO DEL ALMACENAMIENTO EN AM SOBRE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE GUAYABAS.

5.4.1.1 CAMBIOS EN LA RESPIRACIÓN DE GUAYABAS ALMACENADAS EN AM.

A diferencia de otros productos perecederos refrigerados que están envasados en atmósfera modificada, las frutas y hortalizas frescas continúan respirando después de ser recolectadas, y en consecuencia cualquier envasado posterior debe tener en cuenta esta actividad respiratoria (Brody,1996).

La vida útil alcanzable por un producto envasado en atmósfera modificada es inversamente proporcional a la intensidad de la respiración (Brody, 1996). La reducción en O₂ y el enriquecimiento en CO₂ son consecuencias naturales del desarrollo de la respiración cuando las frutas y hortalizas frescas se almacenan en un envase o contenedor herméticamente cerrado. Estas modificaciones en la composición de la atmósfera provocan un descenso en la intensidad de la respiración del material vegetal (Day, 1988; Day, 1989).

En la figura 28-A se muestran los cambios en la respiración de guayabas almacenadas a temperatura de 20°C. Los frutos sin envasar presentaron un pre-climaterio (E_1) durante los primeros 6 días de almacenamiento con valores de dióxido de carbono de 24 mg CO₂/kg PF h, llegando al inicio del climaterio (E_2) al 7° día con 48 mg CO₂/kg PF h, alcanzando su máximo climaterio (E_3) al 9° día con 167 mg CO₂/kg PF h, y finalizando en el post-climaterio (E_4) a los 12 días con niveles similares a los iniciales. Las guayabas envasadas con la película PD-961 presentaron el inicio del climaterio el 7° día de almacenamiento con niveles de dióxido de carbono de 64 mg CO₂/kg PF h, llegando al máximo climaterio (E_3) al 9° día con niveles de 257 mg CO₂/kg PF h, finalizando con el post-climaterio (E_4) al 12° día con niveles similares al inicio del climaterio. Mientras que, las guayabas con la película PD-900 inician en el pre-climaterio (E_1) con 63.5 mg CO₂/kg PF h, llegando al inicio del climaterio (E_2) al 3° día con niveles de 127 mg CO₂/kg PF h, su máximo climaterio (E_3) se alcanzó al 7° día con 254 mg CO₂/kg PF h finalizando con su post-climaterio (E_4) al 8° día con 63.5 mg CO₂/kg PF h.

En la figura 28-B se muestra el efecto de la conservación en AM y el almacenamiento en refrigeración (8°C). Los frutos en estas condiciones presentaron una vida útil de 30 días. Los frutos sin envasar presentaron un inicio del climaterio al 4° día del almacenamiento, alcanzando su máximo climaterio (E_3) al 14° día con valores de 258.5 mg CO₂/kg PF h y finalizando en el post-climaterio (E_4) con niveles de dióxido de carbono de 31 mg CO₂/kg PF h. En las guayabas envasadas en película PD-961 se inicia el climaterio (E_2) al 7° día, alcanzando su máximo climaterio (E_3) al 14° día con niveles de 170 mg CO₂/kg PF h y finalizando con el post-climaterio (E_4) con niveles de 49 mg CO₂/kg PF h. Las guayabas envasadas en película PD-900 tienen un inicio del climaterio (E_2) al 7° día, y alcanzaron su máximo climaterio (E_3) a los 14 días con 83.5 mg CO₂/kg PF h y finalizando en su post-climaterio (E_4) con niveles de 73.5 mg CO₂/kg PF h. La exposición de los frutos climatéricos al etileno adelanta la aparición de un incremento irreversible en la actividad respiratoria y la rápida maduración. El envasado de la atmósfera modificada puede retrasar la aparición del climaterio y prolongar la vida útil de los frutos al reducir la producción y sensibilidad del etileno (Zagory *et al.*, 1988). Sin embargo, en el presente trabajo solo se observó una disminución en los valores de CO₂ producidos y no se presentó un retraso en el inicio del climaterio respiratorio.

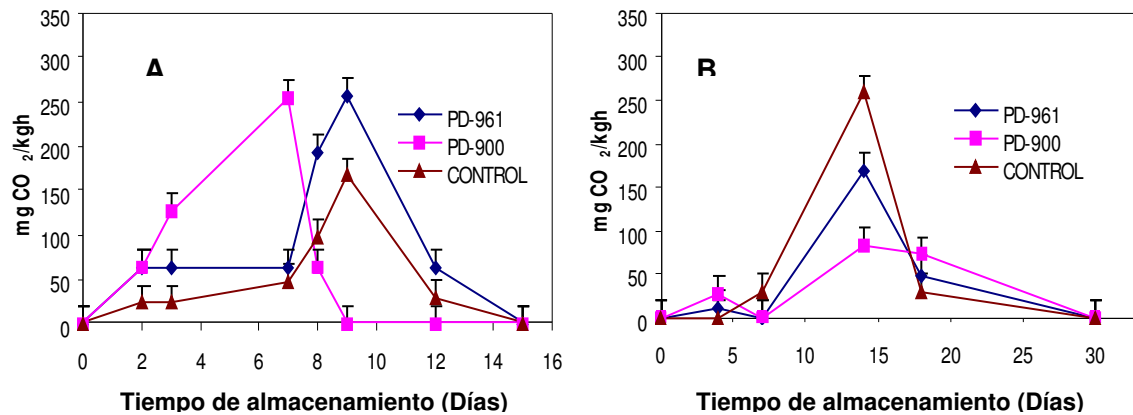


Figura 28. Cambios en la respiración de guayabas conservadas en atmósferas modificadas, utilizando dos películas *PD-961 y PD-900 y almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B). Cada valor representa la media de 3 9 réplicas. Las barras verticales representa \pm la SD. *

5.4.1.2 CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES EN GUAYABAS.

La composición de los azúcares varía ampliamente en el fruto; sin embargo, la fructosa es el principal azúcar y otros como la glucosa y la sacarosa son menos abundantes. La fructosa es el carbohidrato más abundante en frutos maduros, mientras que la sacarosa en frutos muy maduros (Paull, 1990).

En la figura 29-A se observa el contenido de sólidos solubles para las guayabas almacenadas a 20°C en un tiempo de almacenamiento de 15 días. Los frutos sin envasar presentaron ligeros cambios a lo largo de la maduración, observándose niveles superiores a las guayabas envasadas en las películas PD-961 y PD-900, las cuales tiende a bajar ligeramente en su contenido. Se encontró que existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$), entre los frutos envasados y sin envasar.

En la figura 29-B se muestra el cambio en el contenido de sólidos solubles en guayabas almacenadas en AM a temperatura de 8°C. Al inicio del almacenamiento, el contenido de sólidos solubles fue de 9.5 (°Bx), no se observa diferencia significativa al inicio de la experimentación para los frutos almacenados en las películas PD-961 y PD-900 y el control. Sin embargo, al final del almacenamiento se observó que hay una ligera variación en el control con respecto a las películas, encontrándose que existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el contenido de sólidos solubles de los frutos envasados y sin envasar. Por consiguiente, se determinó que el contenido

de sólidos solubles de las guayabas envasadas en las películas PD-961 y PD-900, presentaron solamente ligeros cambios y no alcanzaron los niveles de los frutos control.

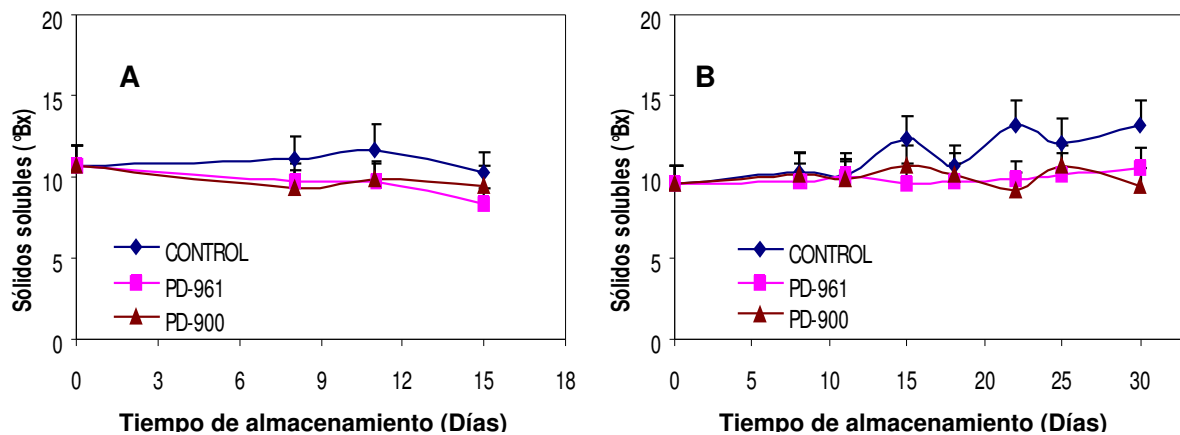


Figura 29. Cambios en el contenido de los sólidos solubles (°Bx), de guayabas conservadas en atmósferas modificadas, utilizando dos películas *PD-961 y PD-900 y almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B). Cada valor representa la media de 93 réplicas. Las barras verticales representan \pm la SD. *Criovac®.

5.4.1.3 CAMBIOS EN EL pH DE GUAYABAS.

El pH de las frutas y hortalizas podría influir sobre los tipos de microorganismos responsables de la descomposición y contaminación durante la vida útil de un producto. En consecuencia los frutos ácidos pueden ser envasados al vacío con seguridad o envasados en films de baja permeabilidad herméticamente cerrados, de modo que se puedan formar las condiciones anaerobias generadas de forma pasiva. Aunque en estas atmósferas con bajos contenidos de O₂ pueden tener lugar indeseables reacciones de fermentación, la elevada acidez de los frutos garantiza que el consumidor está protegido de los riesgos potenciales de las toxinas botulínicas (Brody *et al.*, 1996).

La figura 30-A se muestran los cambios en el pH de guayabas almacenadas a temperatura de 20°C. A lo largo de los 15 días de almacenamiento se encontraron ligeros cambios en los frutos, sin embargo no se observó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los valores de pH de los frutos conservados en las películas PD-961 y PD900 y los frutos control.

En la figura 30-B se muestran los frutos conservados a 8°C y envasados en diferentes películas. Los valores de pH al inicio del almacenamiento fue 4.5, manteniéndose casi constante en los frutos envasados en las películas PD-961 y PD-900 y en el control. Al final del almacenamiento, no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre el pH de los frutos envasados y sin envasar. Se observó que el pH no se afectó por el almacenamiento en AM ya que se mantiene casi constante y no se presentaron diferencias significativas entre los frutos.

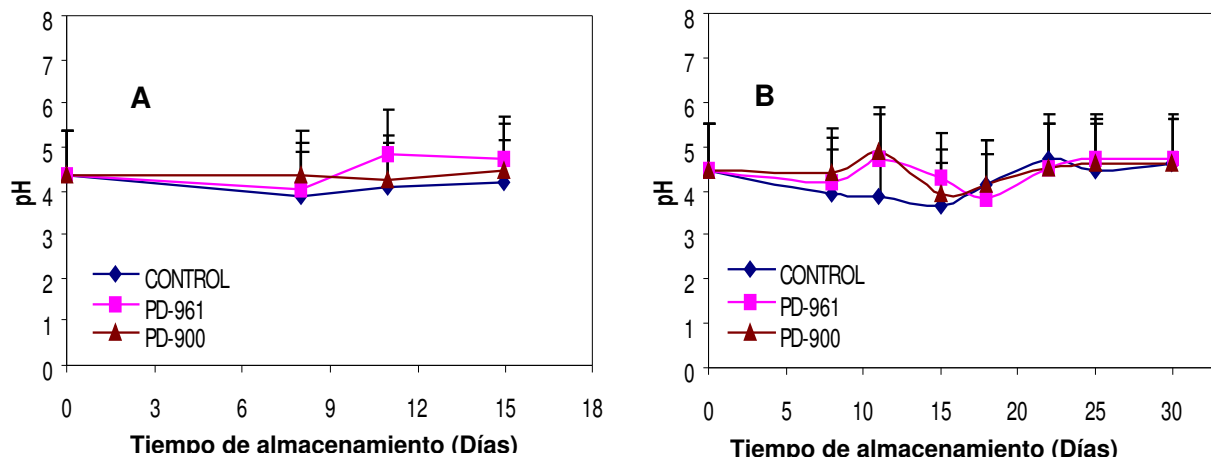


Figura 30. Cambio en el pH de guayabas conservadas en atmósferas modificadas, utilizando dos películas PD-961 y PD-900 almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B). Cada valor representa la media de 93 réplicas. Las barras verticales representan \pm la SD. *Criovac®.

5.4.1.4 CAMBIOS EN LA FIRMEZA DE GUAYABAS.

La determinación de la madurez óptima depende de muchos factores, como el uso o destino del producto. De forma general, las frutas y hortalizas destinadas a la transformación y al empaquetado se recolectan antes de su máxima madurez. En este estado su textura es más firme y de ese modo se pueden minimizar los daños mecánicos durante la manipulación y procesamiento (Brody *et al.*, 1996).

En la Figura 31-A se muestran los cambios en la firmeza de los frutos conservados en AM y almacenados a 20°C. Al inicio del almacenamiento las guayabas presentaron una firmeza de 10.5 Kg/cm² y a lo largo del almacenamiento se observó que los frutos conservados en las películas PD-961 y PD-900 presentaron una disminución hasta llegar a valores de 5.5 Kg/cm²,

mientras que los frutos sin envasar alcanzaron una firmeza de 4.48 kg/cm² . Sin embargo, no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre la firmeza de los frutos envasados y sin envasar.

En la figura 31-B se muestran los cambios en la firmeza de frutos conservados en AM y refrigerados. Al inicio del almacenamiento, los frutos presentaron una firmeza de 11 Kg/cm² y al final las guayabas conservados en las películas PD-961 y PD-900 presentaron una tendencia a disminuir, llegando a valores de 7 kg/cm², mientras que los frutos sin envasar presentaron una mayor disminución en su firmeza (3.47 kg/cm²) al final del almacenamiento en comparación con los frutos con las películas. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre la firmeza de los frutos envasados y sin envasar.

Kader (1980) encontró que las velocidades del ablandamiento en frutas como en el caso de manzanas fue como máximo el 50%. En fresas concentraciones de CO₂ en las atmósferas disminuyen la velocidad de ablandamiento (Carlin *et al.*, 1990). En el presente trabajo se observó una disminución en el ablandamiento, pero este efecto no fue significativo.

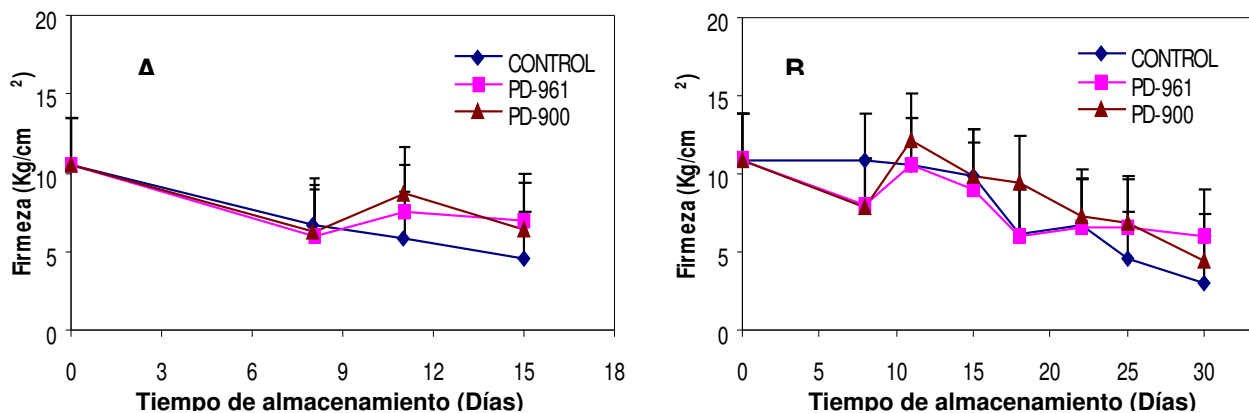


Figura 31. Cambios en la firmeza de guayabas conservadas en atmósferas modificadas, utilizando dos películas *PD-961 y PD-900 y almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B). Cada valor representa la media de 93 réplicas. Las barras verticales representa \pm la SD. *Criovac®.

5.4.1.5 CAMBIOS EN LA ACIDEZ DE GUAYABAS.

Los cambios en carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas, aminoácidos, lípidos y compuestos fenólicos tienen influencia en sabor de las frutas frescas (Kader, 1980).

En la figura 32-A se muestran los cambios en la acidez de frutos conservados en AM y almacenados a 20°C. Los frutos presentaron valores de ácido cítrico de 0.61% al inicio del almacenamiento y al final los frutos conservados en las películas PD-961 y PD-900 y los frutos sin envasar no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en el valor de acidez alcanzado.

En la figura 32-B se muestran los cambios en la acidez de frutos conservados en AM y almacenados a 8°C. Al inicio del almacenamiento los frutos presentaron valores de 0.58%, mientras que al finalizar alcanzaron niveles de 0.51% de ácido cítrico. No se observa diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre la acidez de los frutos conservados en las diferentes películas y el control. Por lo general, la maduración presupone un descenso de la acidez; de esta forma la relación entre azúcares/ácidos aumenta durante la maduración en la mayoría de las frutas, ese fenómeno prosigue durante el almacenamiento (Cheftel *et al.*, 1992).

En investigaciones similares en frutos climatéricos, el almacenamiento en condiciones de AM redujo la pérdida de acidez en manzanas ‘Golden Delicious’ durante un periodo de 8 meses (Lau y Looney, 1982). Yañes *et al.* (1998) reportaron que 2% de O₂ y 5% CO₂ extienden la vida de almacenamiento en duraznos de 1-3 semanas manteniendo la firmeza y acidez (Chavarin, 1995).

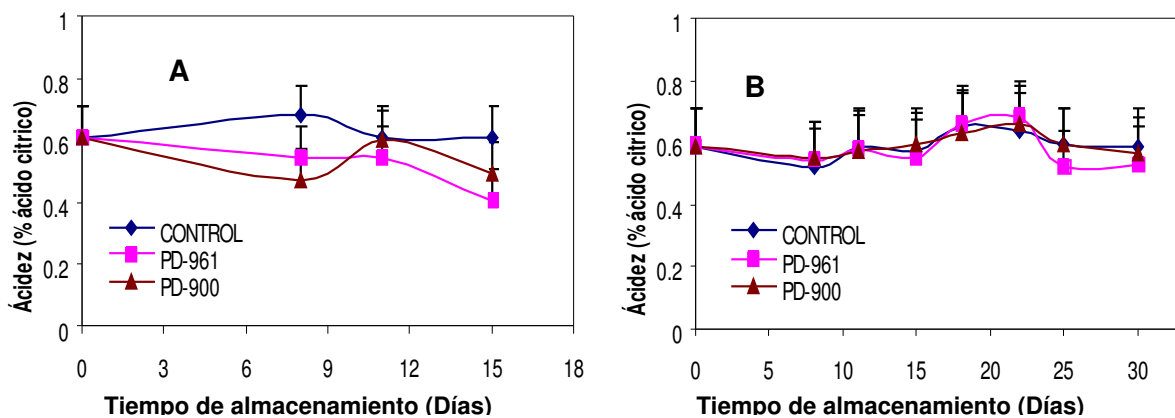


Figura 32. Cambio en la acidez de guayabas conservadas en atmósferas modificadas, utilizando dos películas *PD-961 y PD-900 y almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B). Cada valor representa la media de 93 réplicas. Las barras verticales representa \pm la SD. *Criovac®.

5.4.1.6 CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE VITAMINA C (ÁCIDO ASCÓRBICO) EN GUAYABAS.

A temperaturas elevadas, bajo condiciones anaeróbicas, el ácido ascórbico también se degrada, la información lograda mediante estudios de esta naturaleza demuestra que el ácido ascórbico es una de las vitaminas menos estable. Durante el tratamiento culinario, o el almacenamiento, se producen pérdidas (Coultrate, 1996). Las variaciones del contenido en ácido ascórbico no presentan la misma regularidad, en general en la mayoría de las frutas decrece durante el almacenamiento (Cheftel *et al.*, 1992). Generalmente almacenar en atmósfera modificada (AM) proporciona una mejor retención de ácido ascórbico en frutas frescas que almacenarlas en aire (Carlin *et al.*, 1990). En la figura 33-A se muestran los cambios en la vitamina C (ácido ascórbico) de guayabas conservadas en AM y almacenadas a 20°C. Se observó una mayor cantidad de ácido ascórbico en el control al inicio y final de la experimentación llegando a un máximo al 8° día los frutos envasados con la película PD-961 y al final del almacenamiento no se encontró diferencia significativa entre los frutos envasados y sin envasar. En la temperatura de 8°C figura 33-B la cantidad de ácido ascórbico en la película PD-900 aumenta llegando a niveles máximos al 11° día de almacenamiento con niveles de 215.32 mg/100 g. Sin embargo, al final del almacenamiento de 30 días los frutos que presentaron niveles superiores de vitamina C fueron los conservados en la película PD-961. Se encontró que los niveles de vitamina C fueron diferentes significativamente en los frutos envasados con película PD-961 comparados con los frutos mantenidos en PD-900 y sin envasar.

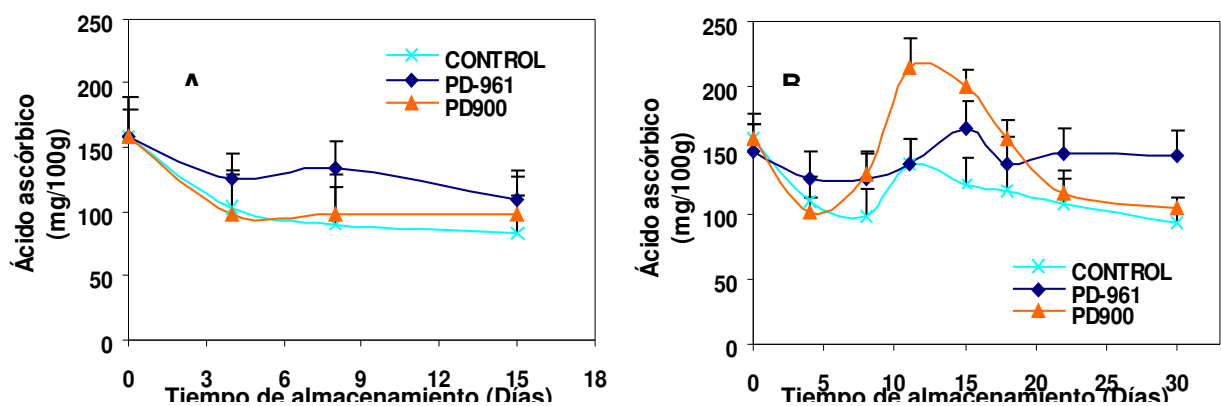


Figura 33. Cambios en el contenido de vitamina "C " en guayabas con diferentes permeabilidades 1,2 y control almacenadas a temperatura de: A) 20 y B) 8°C conservadas en atmósferas modificadas, utilizando dos películas *PD-961 y PD-900 y almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B). Cada valor representa la media de 9 réplicas. Las barras verticales representa \pm la SD. *Crioovac®.

5.4.1.7 DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE PESO EN GUAYABAS CONSERVADAS

EN AM.

El factor más importante para que la apariencia del fruto sano se mantenga aceptable es que su pérdida de agua sea mínima; pérdidas mayores a 5% causan el arrugado del fruto. La utilización de películas plásticas permite un control de la pérdida de agua del fruto, medida por su pérdida de peso durante el periodo de comercialización y tendrá una relación con la permeabilidad de la película utilizada (García *et al.*, 2003). En la figura 34-A se muestra la pérdida de peso de guayabas conservadas en AM y almacenadas a 20°C durante 15 días. Los frutos sin envasar presentaron una pérdida de peso del 18.8%, mientras que los frutos con las películas (PD-961 y PD-900) presentaron pérdidas de 2.3%. En la figura 36-B se muestra la pérdida de peso de guayabas conservadas en AM y almacenadas a 8°C durante 30 días. Los frutos sin envasar presentaron pérdidas de peso del 11%, mientras que los frutos envasados en las películas PD-961 y PD-900, alcanzaron solamente pérdidas del 0.90 y 1%, respectivamente. Se observa que las películas y las temperaturas bajas ayudaron al control de la pérdida de peso en las guayabas. Normalmente una pérdida de humedad del 3-6% es suficiente para provocar un marcado deterioro de la calidad de muchos tipos de productos. En consecuencia, es importante reducir estas pérdidas de humedad mediante la disminución de la temperatura, incremento de la HR y la reducción del movimiento del aire. Todos estos métodos para reducir las pérdidas de humedad de los productos frescos se pueden conseguir mediante el envasado en atmósfera modificada (Parry, 1995).

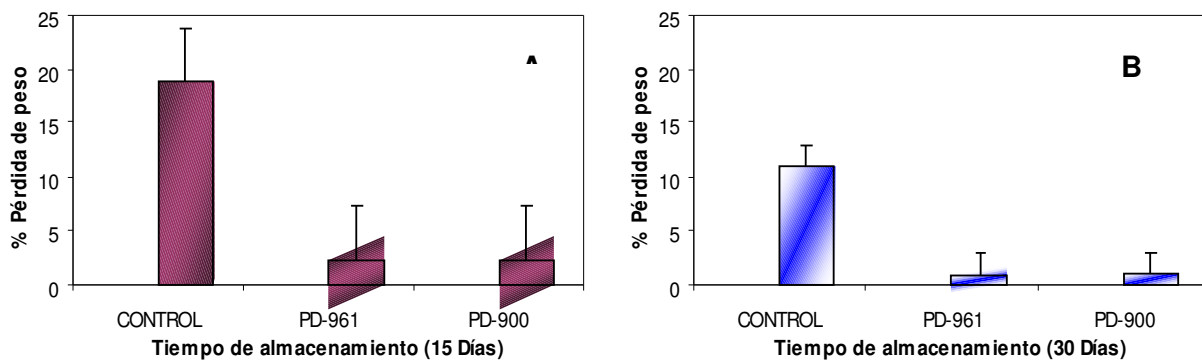


Figura 34. Pérdida de peso de guayabas conservadas en atmósferas modificadas, utilizando dos películas *PD-961 y PD-900 y almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B). Cada valor representa la media de 3 réplicas. Las barras verticales representa \pm la SD. *Criovac®.

5.4.1.8 CAMBIOS EN EL COLOR DE GUAYABAS.

En numerosos frutos la desaparición del color verde constituye un buen índice de su grado de madurez. Inicialmente, se produce una pérdida gradual de la intensidad del color verde oscuro, hasta alcanzar una tonalidad más clara y, en algunos productos, la total desaparición del verde, acompañada de la aparición de un color amarillo. El color se puede determinar objetivamente, mediante el empleo de algunos de los numerosos tipos de espectrofotómetros de reflectancia o transmitancia existentes. Para la investigación se usan los colorímetros Hunter y Minolta que miden el color de la superficie (Wills *et al.*, 1977). Todo color queda definido por tres características: el tono H (hue), la intensidad luminosa o luminosidad (L) y la variación o saturación C (croma) (Cheftel *et al.*, 1992). El color es uno de los parámetros de calidad más importantes en el fruto. La luminosidad (L) va desde reflexión nula (L=0) a reflexión difusa perfecta (L=100). La tonalidad (hue), en donde hue=0 equivale a color rojo púrpura, hue=90 amarillo, hue=180 azulado-verde y hue=270 azul. La cromaticidad indica la intensidad de color o saturación de color. En la figura 35-A se muestran los cambios en el color de guayabas conservadas en AM y almacenadas a 20°C. Al inicio del almacenamiento los frutos presentaron una luminosidad (L) de 76.4 manteniéndose constante hasta el 7° día para los frutos envasados y sin envasar. Al final del almacenamiento no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre la luminosidad de los frutos envasados y sin envasar. En la figura 35-B se muestra el cambio de luminosidad de los frutos almacenados a 8°C. Al inicio del almacenamiento los frutos presentaron valores de claridad de 66.82 y a lo largo del periodo de almacenamiento no se registró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) para los tres tratamientos. En la figura 35-C se muestra la tonalidad (hue) de los frutos almacenados a 20°C. Los frutos inician el almacenamiento con valores de tono de 83.21, manteniéndose constante hasta al final del periodo de almacenamiento. No se registró diferencia significativa entre el tono de los frutos envasados y sin envasar. Mientras que, los frutos almacenados a 8°C (figura 35-D) presentaron valores iniciales de 71.91 y al finalizar el periodo de almacenamiento presentaron solamente ligeros cambios. No se registró diferencia significativa entre los frutos. Para la cromaticidad (figura 35-E) los frutos almacenados a 20°C presentaron valores de 54.69 y se mantienen constantes hasta el final del almacenamiento. Para la temperatura de 8°C (figura 35-F) tampoco se observó diferencia significativa en el croma de los frutos envasados y sin envasar.

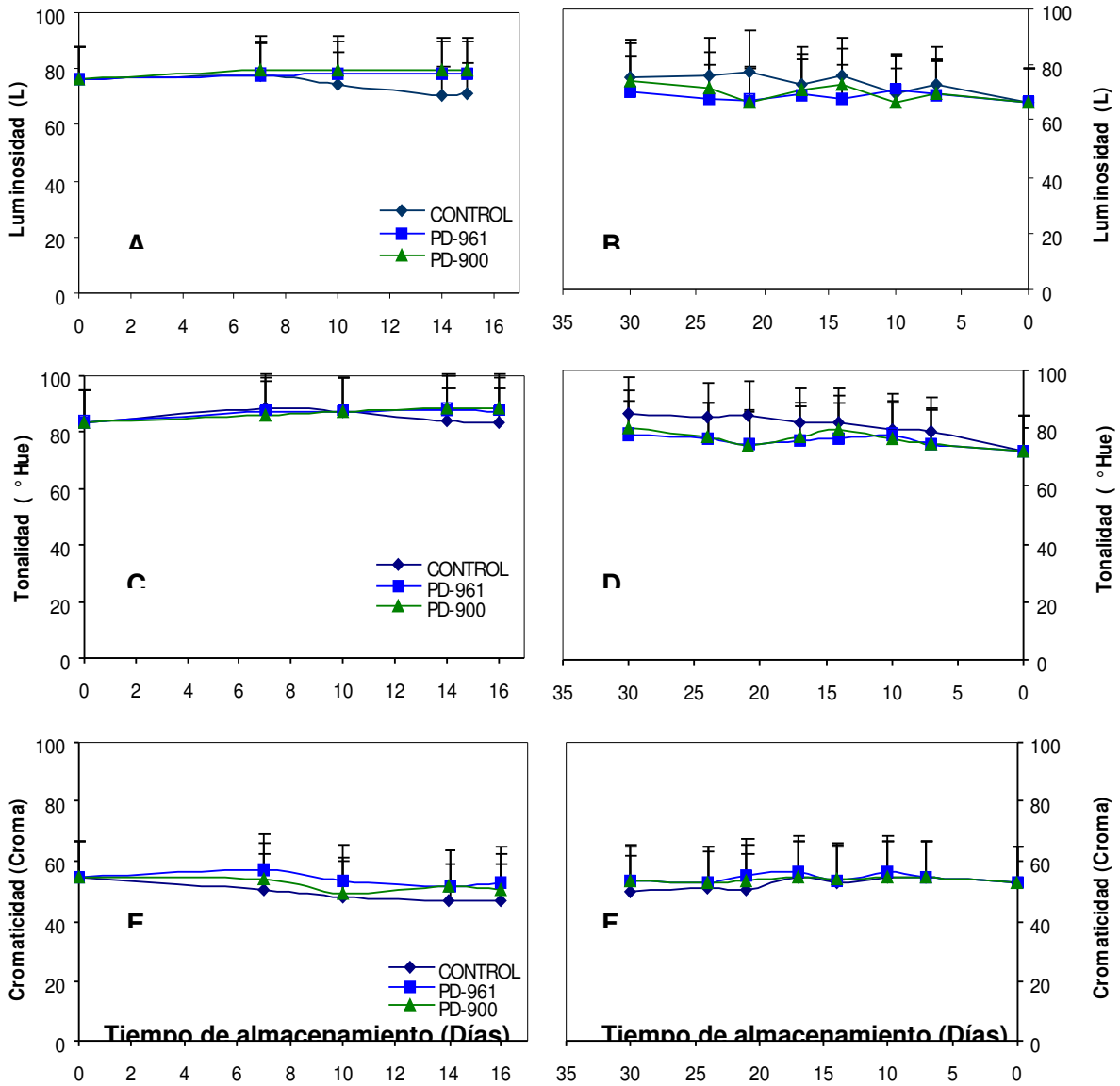


Figura 35. Cambios de color en maduración de guayabas almacenadastratadas en atmósferas modificadas utilizando dos películas *PD-961 y PD-900 y conservadas almacenadas a: 20°C (A, C, E) y 8°C (B, D, F). Cada valor representa la media de 93 réplicas. Las barras verticales representa ± la SD. *Criovac®.



Figura 36. Efecto en el color de la conservación de guayabas conservadas enen materiales de diferentes películas plásticas, PD-961 y PD900 en el color de guayabays almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B)

5.4.1.9 CAMBIOS EN LA CONCENTRACIÓN DE GASES EN EL ESPACIO DE CABEZA DEL ENVASE.

Las concentraciones elevadas de CO₂ pueden dar como resultado efectos perjudiciales en color de algunos productos durante el almacenamiento en atmósferas modificadas y controladas. La decoloración externa o interna del tejido puede ocurrir como resultado de aumentar los niveles de CO₂ y/o reducir los niveles de O₂ más allá de la tolerancia del producto. En estudios de Yahia *et al.* (1993) encontraron que elevar las concentraciones de CO₂ (5-15%) incrementa el oscurecimiento en uvas.

El envasado en AM modifica la atmósfera interna del envase del alimento. Se aplica principalmente a alimentos frescos o minimamente procesados por lo que, presentan una tasa respiratoria durante el almacenamiento. El envasado en atmósferas modificadas mantiene los alimentos bajo un ambiente gaseoso diferente del aire y de esta forma controla la respiración de los productos y el crecimiento de microorganismos aerobios (Vickiea *et al.*, 1998). La vida útil alcanzable por un producto empaquetado en atmósfera modificada es inversamente proporcional a la intensidad de la respiración (Parry, 1995). La reducción en oxígeno (O₂) y el enriquecimiento en CO₂ son consecuencias naturales del desarrollo de la respiración cuando las frutas frescas se almacenan en un envase o contenedor herméticamente cerrado. Estas modificaciones en la composición de la atmósfera provocan un descenso en la intensidad de la respiración del material vegetal. Si el producto está encerrado en un film impermeable, los niveles de oxígeno en el interior del envase podrían descender a concentraciones muy bajas en las que se podría iniciar la respiración anaerobia. A la inversa, si las frutas se encierran en un film con excesiva permeabilidad, se producirá poca o ninguna modificación de la atmósfera en el interior del envase, las pérdidas de humedad podrían provocar el marchitamiento y pérdida indeseable de la frescura y por lo tanto los films totalmente permeables son inadecuados para el envasado de los productos frescos (Parry, 1995).

Las atmósferas modificadas se pueden crear tanto pasivamente por el propio producto o intencionalmente por empaquetado activo. Las atmósferas modificadas pueden desarrollarse pasivamente en el interior de un envase herméticamente cerrado como resultado de la respiración del producto, es decir consumo de O₂ y producción de CO₂, si se elige un film de una permeabilidad intermedia, se establecerá una atmósfera de equilibrio cuando la intensidad de transmisión del O₂ y del

CO₂ a través del envase sea igual a la intensidad de respiración del producto. Es importante no seleccionar films de insuficiente permeabilidad por los riesgos de crear condiciones anaerobias y/o niveles peligrosamente elevados de CO₂ (Parry, 1995). En el presente trabajo se evaluaron 2 films de polietileno, PD-961 y PD-900, cada uno con diferentes permeabilidades al O₂ y CO₂. La generación de la atmósfera se llevó a cabo por la aplicación de un vacío moderado y permitir la generación pasiva de la atmósfera. El tiempo para el establecimiento de las concentraciones de equilibrio fueron muy rápidas por el método utilizado para la modificación de la atmósfera. En el método utilizado se alcanzaron los niveles de O₂ inmediatamente, además el tipo de envase fue el responsable de las concentraciones de equilibrio finales, como consecuencia de sus diferentes permeabilidades al CO₂, O₂ y vapor de agua.

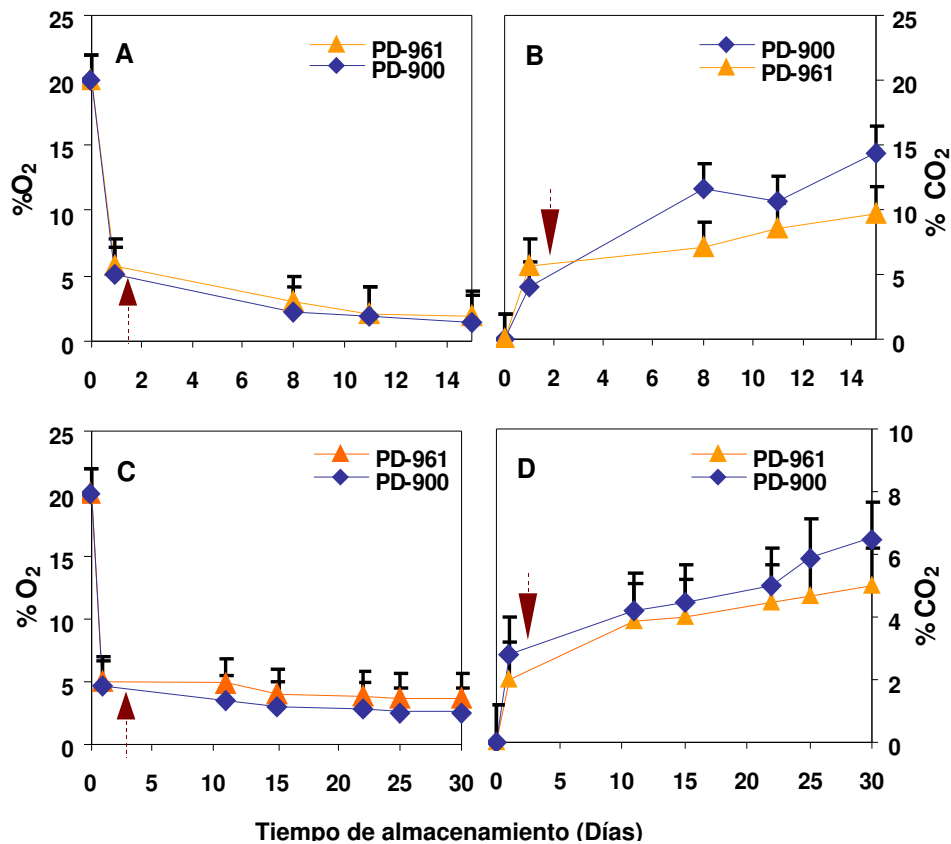


Figura 37. Niveles Cantidad de O₂ y CO₂ en el espacio de cabeza del acumulado en el interior de los envases utilizados en almacenamiento den atmósferas modificadas utilizando con diferentes películas, *PD-961 y PD-900 y, conservadas a 20°C (A,B) y 8°C (C,D). Cada valor representa la media de 9 réplicas. Las barras verticales representa ± la SD. *CRIOVAC®. Las flechas indican

A diferencia de otros productos perecederos refrigerados que están envasados en atmósfera modificada, las frutas frescas continúan respirando después de ser recolectadas y en consecuencia cualquier empaquetado posterior debe tener en cuenta esta actividad respiratoria. En la Figura 37 se muestra la concentración de O_2 y CO_2 en el espacio libre del envase conteniendo las guayabas almacenadas a temperatura ambiente ($20^\circ C$) y refrigeración ($8^\circ C$). En las películas PD-961 y PD-900 los niveles de O_2 fueron de 5.8 y 5.2%, respectivamente al inicio del almacenamiento a una temperatura de $20^\circ C$, durante los 15 días estos niveles descendieron hasta llegar a un equilibrio y al final del almacenamiento los niveles de este gas fueron 1.9 y 1.5% respectivamente, niveles por debajo del recomendado. Por otra parte, los niveles de CO_2 en el interior de los envases PD-961 y PD-900 al inicio del almacenamiento fueron de 5.7 y 4% respectivamente, y a medida que el tiempo transcurrió se observó una acumulación de este gas hasta llegar a niveles de 9.7 y 14.4%, respectivamente. Esto indicó que la temperatura de almacenamiento permitió que el fruto siguiera realizando sus actividades metabólicas y por lo tanto se observó un consumo de O_2 y una acumulación de CO_2 . En los frutos envasados y almacenados a $8^\circ C$ se registraron niveles iniciales de O_2 del 5% y 4.69% para los frutos envasados en las películas PD-961 y PD-900, respectivamente, a lo largo del periodo de 30 días de almacenamiento se llegó al equilibrio y al final del almacenamiento se registraron niveles de 3.6 y 2.5% para cada una de las películas. Los niveles de CO_2 en el interior de los envases PD-961 y PD-900 fueron al inicio del almacenamiento de 2 y 2.8%, respectivamente. A lo largo del periodo de 30 días se llegó al equilibrio y al final se alcanzaron niveles de 5 y 6.5% en las películas PD-961 y PD-900, respectivamente. Se observó que las películas PD-961 y PD-900 ayudaron a mantener la calidad en las guayabas, alargando su vida útil y evitando la pérdida de peso. Durante el almacenamiento de los frutos los niveles de O_2 bajan rápidamente el primer día después de empacar llegando alrededor del 5%, y posteriormente se mantuvieron casi constantes en el interior del envase, por el efecto en la actividad respiratoria y la permeabilidad de los films. Los niveles de CO_2 más altos fueron en el almacenamiento a $20^\circ C$, ya que la actividad metabólica del fruto fue mayor. En cambio, a $8^\circ C$ los niveles de O_2 y CO_2 fueron menores, en ambos films.

Cabe señalar que las películas PC-7225 y PC-7225B presentaron un desarrollo de daño en los frutos generando malos olores, menor firmeza, decoloraciones y fermentación, esto se debió a que estas

películas no tienen una permeabilidad adecuada para el almacenamiento de los frutos ya que se tenía una excesiva humedad y concentración de CO₂ dentro del envase por lo que se decidió realizar la experimentación con las películas PD-961 y PD-900 que tienen una mejor permeabilidad hacia los gases CO₂ y O₂ conservando sus parámetros de calidad firmeza, color, sabor, olor y peso como se puede observar en la figura 38.

En investigaciones similares con frutos climatéricos se observó que al disminuir el O₂ o elevar el CO₂ se reduce la maduración de plátanos y jitomates (Woodruff, 1969). Sin embargo, a bajas concentraciones de O₂ (abajo del 1%) los malos sabores son causados por reacciones fermentativas que pueden tomar lugar, este efecto indeseable fue reportado en plátanos, manzana, aguacates y otros productos (Ulrich, 1970). Por otra parte, elevar las concentraciones de CO₂ (arriba del 15%) puede producir daños por intolerancia y/o malos sabores en diferentes frutas (fresa, naranja manzana y plátano) (Chavarin, 1995).

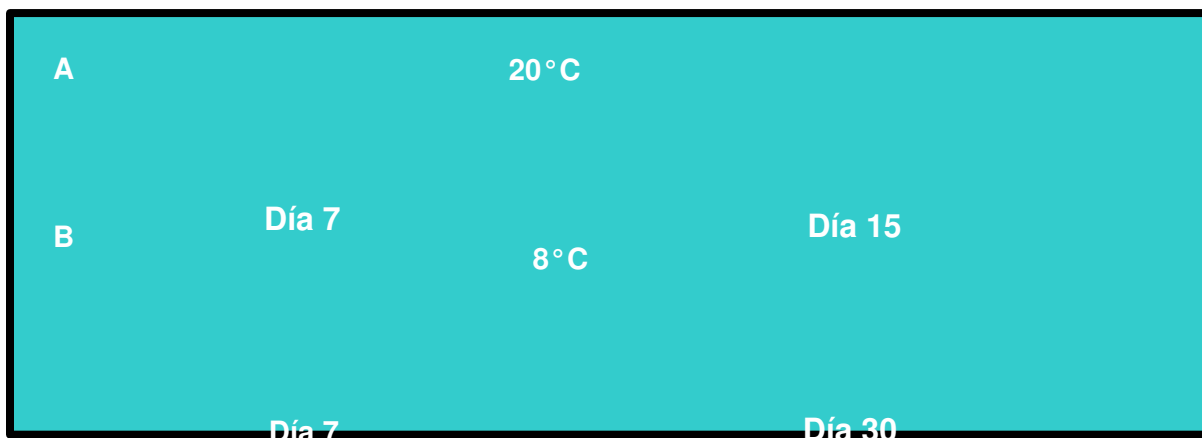


Figura 38. Efecto de la calidad de las guayabas con dos diferentes películas PD-961 y PD-900, almacenadas a: 20°C (A) y 8°C (B).

6. CONCLUSIONES.

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

- Las guayabas procedentes de Michoacán presentaron un menor contenido de sólidos solubles y acidez, así como una mayor cantidad de ácido ascórbico comparadas con las guayabas procedentes de Aguascalientes.
- Las guayabas procedentes de Aguascalientes fueron evaluadas sensorialmente como aromáticas y dulces, mientras que las guayabas procedentes de Michoacán como ligeramente-aromáticas y ligeramente-dulces, además de presentar mayor firmeza.
- Las características físicas, fisicoquímicas y fisiológicas de las guayabas varían de acuerdo al lugar de producción y al momento de la cosecha.
- El almacenamiento a bajas temperaturas combinado con las AM alargó la vida útil (15 días) de las guayabas, conservando su calidad y logrando una disminución del 88% en la pérdida de peso.
- Las guayabas conservadas en AM y refrigeración no presentaron efecto en los parámetros de calidad al final del almacenamiento como son: pH, acidez, contenido de sólidos solubles, firmeza y color.
- La conservación en AM y refrigeración evitó la pérdida de vitamina C en guayabas durante 30 días de almacenamiento, siendo la película PD-961 la más efectiva para conservar el contenido de ácido ascórbico.
- La adecuada selección de la permeabilidad de las películas plásticas evitó un daño en el fruto por acumulación de dióxido de carbono y/o ausencia de oxígeno. La película PD-961 fue la más efectiva para conservar las guayabas durante 30 días de almacenamiento.

7. RECOMENDACIONES.

En base a los resultados en el presente trabajo se recomienda:

- Evaluar diferentes materiales de envase que permitan mejorar la calidad y alargar la vida útil de diferentes variedades de guayaba cultivadas en México.
- Determinar el efecto del estado fisiológico en la temperatura óptima de almacenamiento en guayabas que permita establecer las recomendaciones para la conservación de diferentes variedades de este fruto.
- Determinar los tiempos máximos de almacenamiento de muestras en las que se determinará el contenido de vitamina C, así como evaluar el efecto de la adición de antioxidantes que permitan conservarlas y de esta manera tener resultados más precisos.
- Estudiar el efecto del almacenamiento en AM en el control de los daños por frío en guayabas, así como evaluar los principales síntomas que presenta este fruto al almacenarse a bajas temperaturas.
- Estudiar el efecto de las AM en la biosíntesis de enzimas relacionadas con la maduración de la guayaba como son: polifenol oxidasa, peroxidasa, pectinesterasa, poligalacturonasa y celulasa.
- Evaluar otros tratamientos postcosecha (tratamientos con calcio, térmicos, AC) que permitan mejorar la comercialización de guayaba.

8. REFERENCIAS

- Akamine, E.K.; y Goo, T. (1979). Respiration and ethylene production during ontogeny of fruit. *Journal of American Society for Horticultural Science* **98**: 381-383.
- Ali, M.Z. y Lazan, H (1997) Guava. En: Shaws, P.E., Chan, H.T., Nagy, S. y Wardowski, W.E. *Tropical and Subtropical fruits*. Volumen III. Florida Science Council Publication.
- AOAC (1990). *Official methods of analysis of the association of analytical chemists* AOAC, Food composition; additives; natural contaminants, Volumen II, publicado por the association of official analytical chemist, Inc. Arlington, Virginia, USA 15ª edición, pp. 1298.
- ASERCA. (2004). *Estudio mundial del mercado de la guayaba*. México.
- Badui, D. Salvador (1996). *Química de los alimentos*. Editorial Alhambra Mexicana. pp. 357.
- Biale, JB y Young. RE. (1981). Respiration and ripening in fruits. Retrospect and prospect. En: Fried y Rhodes (eds) "*Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables*." Academic. Press
- Blackman, F.F. (1954). *Analytical Studies in Plant Respiration*. London: Cambridge University Press.
- Bogdanski, K.A., y Bogdanska, H. W. (1961). *Mitt. Lebensmitteluntersuch. Hyg.*, **52**, 283,
- Brody. A.L. (1996) *Envasado de alimentos en atmósferas controladas , modificadas y a vacío*. Editorial Acribia S.A Zaragoza (España). pp. 79-108.
- Bureau, G., y Multon, J.L. (1996). *Food packaging technology* volume 1. VCH publishers, inc.
- Burg, S.P. y E.A. Burg. (1967). Molecular requirements for the biological activity of ethylene. *Plant Physiol.* **42**:144-151.
- Caamal Cauich Ignacio (2001). *Estructura Comportamiento y Rentabilidad de la producción de Guayaba en México*. universidad Autónoma Chapingo. México. pp. 5-39.

- Carlin, F.; Nguyen, T.; Hilbert, G; Chambroy Y., (1990). Modified Atmosphere packaging of fresh, "Ready- to- use" grated carrots in polymeric films., *Journal of Food science*. pp. 1033-1037.
- Castillo Jiménez Edna (2005). *Efecto de tratamientos por inmersión en agua caliente en la reducción de los daños por frío y el contenido de poliaminas en mango variedad "Manila"*. Tesis UNAM. F.E.S (Cuautitlán). pp 50.
- Chavarin Herrera Irene. (1995). *Productos Listos Para Usarse. Una alternativa de Conservación para Hortalizas Frescas*. Tesis UNAM. F.E.S. (Cuautitlán). pp. 19-67.
- Cheftel, J.Cl.; Cheftel, H. (1992). *Introducción a la bioquímica de los alimentos*. Volumen I. España, Zaragoza. Acribia. pp. 135-153.
- Cheftel, J.Cl.; Cheftel, H. y Besancon, Pierre. (1992). *Introducción a la bioquímica de los alimentos*. Volumen II. España, Zaragoza. Acribia. pp. 31-45.
- Colomé, E. (1998). Tecnología de envasado en atmósfera modificada. *Alimentación. Equipos y tecnología* No 5. Junio. Año XVII. pp. 95-99.
- Colomé E. (1999). Tecnología del envasado de alimentos perecederos en atmósferas modificadas. *Alimentación. Equipos y tecnología* No 5. Junio. Año XVIII. pp. 109-113.
- Coulate, T.P. (1996). *Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos*. 2^{da} Edición Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España). pp. 232-234.
- Coutiño, Ma. Victoria.; Solís, Patricia.; Gómez, Dulce M. (1991). *Manual de prácticas de laboratorio*. Química de alimentos. División de Ingeniería Departamento de Alimentos y Biotecnología. Facultad de Química (UNAM). Práctica 10. Estabilidad de la vitamina C. pp. 34.
- Day, B. P. F. (1988). *Optimisation of Parameters for Modified Atmosphere Packaging of Fresh Fruit and Vegetables*, CAP´ 88, Schotland Business Research Inc., Princeton, New Jersey, USA. pp. 147-170.

-
- Day, B. P. F. (1989). *Modified Atmosphere Packaging of selected prepared Fruit and Vegetables*, Technical Memorandum No 524, Campdem Food and Drink Research Association, Chipping Campden Glos UK, pp. 1-65.
- Dominguez, M., y Vendrell, M.(1993) Ethylene biosynthesis in banana fruit: Evolution of EFE activity and ACC levels in peel and pulp during ripening. *Journal of Horticultural Science* **68**, 63-70.
- Doreyappa-Gowda, I.N. y Huddar, A.G. (2001). Studies on ripening changes in mango (*Mangifera indica* L.) fruits. *Journal of Food Science and Technology*, **38**: 135-137.
- El-Goorani, M.A. y N. F. Sommer. (1981). Effects of modified atmospheres on post-harvest pathogens of fruits and vegetables. *En: Jules Janick Horticultural Reviews*, Vol. 3, (ed.), pp. 412-462. Westport, CT: AVI Publishing.
- Fennema R. Owen. (1993). *Química de los alimentos*. Editorial Acribia S.A., Zaragoza España. pp. 556.
- Flores-Gutiérrez, AA. (2000). *Manejo de frutas y hortalizas en Venezuela*. 2ª Edición, UNELLEZ, Universidad de la siembra, Venezuela. pp. 224.
- García, J. M. y Olías, J. M. (2003). *Envasado de fresa para el mercado en fresco: efecto de la atmósfera modificada pasiva sobre la calidad del fruto*. Horticom (España). Departamento Fisiología y Tecnología de productos vegetales. Instituto de la Grasa, CSIC, Sevilla. pp. 1-5.
- Goodburn, K.E. y Halligan, A.C. (1988) *Modified Atmosphere Packaging: A Technology Guide*, leatherhead Food, RA.
- Guil, J.L. (2000) *Tecnología de la Postrecolección*. Universidad de Almería.
- Holdsworth, S.D. (1983) *The Preservation of Fruit and Vegetable Food Products*, Science in horticulture Series (ed. L BrBroadbent), Macmillan Press, London, UK, pp. 61-98.
- Holdsworth, S.D. (1988). *Conservación de frutas y hortalizas*. España, Zaragoza. Acribia. pp. 4.

-
- Ibarra, José María (2000). La Guayaba en México un Largo Camino por Recorrer. Disponible en: ACERCA Claridades Agropecuarias. **84**.
- Instituto Nacional de Nutrición (1992). *Valor Nutritivo de los Alimentos de Mayor Consumo en México*. pp. 20-22.
- Instituto Mexicano del Plástico Industrial. Teoría de plásticos (2001) TP- 1. pp. 133-152.
- Kader A.A., (1980). Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres., *Food Technology*., pp. 51-53.
- Kader, A.A. (1986). Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technol.* **40**:94-104.
- Ketsa, S.; Chidtragool, S.; Klein, J.D. y Lurie, S. (1999). Firmness, pectin components and cell wall hydrolases of mango fruit following low-temperature stress. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, **74**: 685-689.
- Klein, B.P. (1987). Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. *Journal Food Quality*, **10**: 179-193.
- Koller G.; Barrera S., A. (1996). Caracterización del mercado nacional e internacional de la guayaba en México. Tesis profesional, Economía Agrícola, UACH. Chapingo, México. pp. 33.
- Laguado, N.; Pérez, E.; Alvarado, C.; Marín, M. (1999). Características fisicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos Criolla Roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales. Venezuela. *Revista Facultad de Agronomía*. (LUZ). **16**: 382-397.
- Lamua Manuel (2000). Aplicación del frío a los alimentos, Instituto del Frío (CSIC) de Madrid 1^{ra} Edición AMV Ediciones. pp. 105-123.
- Lara R., E. A. (1983). Monografía del cultivo del guayabo. Tesis profesional, Fitotecnia, UACH. Chapingo, México. pp. 23.

-
- Lau, O.L. y Looney N.E. (1982). *Improvement of Fruit firmness and acidity in controlled-atmosphere-stored "Golden Delicious" apples by a rapid reduction procedure. Horticultural Science*; **107**: 531-534.
- Lees R. (1980). *Análisis de los alimentos Métodos Analíticos y de control de calidad*. 2^{da} Edición. Editorial Acribia, Zaragoza, España. pp. 209.
- Lim, T.K.; y Khoo.K.C. (1990). Diseases and Disorders of Guava in Malaysia, *Tropical Press*. Kuala Lumpur, Malaysia. pp 101.
- López Lima David. (2004) *Criterios de Selección de envase para un sistema de atmósferas modificadas para manzana fresca*. Tesis profesional UNAM. F.E.S. (Cuautitlán). pp. 23.
- Lowry, O.H.; Rosebrough, N.J.; Farr, A.L., y Randall, R.J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biology and Chemistry*, **193**: 265-275.
- Lurie, S.; Klein, J.D.; Watkins, C.; Boss, P y Ferguson, I.F. (1993) Prestorage heat treatment of guava prevents chilling injury and reversibly inhibits ripening. *Acta Horticulturae*; **343**: 283-285.
- Mapson, L.W. y J.E. Robinson. (1966). Relation between oxygen tension, biosynthesis of ethylene, respiration and ripening changes in banana fruit. *J. Food Technol.* **1**:215-225.
- Mata Beltrán Inocente y Rodríguez Mendoza Antonio (1990) *Cultivo y producción del guayabo*. Editorial Trillas, México. pp.139.
- Mata García Bernardino (1993). *La guayaba: Crisis y Modernización* folleto No 14673, Chapingo, UACH. pp. 58-60.
- McGuire, R.G (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, **27**: 1254-1255.
- McGuire, R.G. (1997). Market quality of guavas after hot-water quarantine treatment and application of carnauba wax coating. *HortScience*, **32**: 271-274.

-
- Mendlicott, A.P; y Thompson, A. (1985). Analysis of sugars and organic acid. In ripening mango fruit *Mangifera indica* L. var. Iceittl. By high performance liquid chromatography. *Journal of the Science of food and Agricultura* **36**: 561-566.
- Mitra S. K., y Baldwin, E.A. (1997). Guava. En: Mitra, S.K. (Ed). *Postharvest Physiology and Storage of tropical and Subtropical Fruits*. Cab International. Inglaterra. pp. 85-120.
- Morales de León Josefina C. (1976). Frutas Tropicales Características y propiedades Físico-químicas. *Revista Tecnológica de Alimentos*. Septiembre-Octubre. **11**: 205-223.
- Orozco Hernández Erendira. (2002). Envase y Embalaje de Alimentos. Propuesta de Criterios en la selección de una película comestible en la Guayaba para disminuir la velocidad de transpiración. Tesis UNAM F.E.S. (Cuautitlán). pp. 15-28.
- Pal, R.K. (1998). Ripening and rheological properties of guava as influenced by ethrel and calcium carbide. *Journal of Food Science and Technology India* **35** (4), 358-360.
- Parry R.T. (1995). Envasado de los alimentos en Atmósfera Modificada Editorial A. Madrid Vicente, Ediciones. pp. 13-113.
- Paull, R.E. (1990) Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. En: Wang, C.Y. (ed) *Chilling, injury of horticultural crops*. Boca Raton, FI, USA: CRC Press, pp. 17-36.
- Pearson, D (1998). *Técnicas de laboratorio para el análisis de Alimentos*. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza España. pp. 116-125.
- Pennington T., D. y Sarukahán, J. (1968). *Árboles tropicales de México* INIF, México.
- Primo, E. Yúfera (1987). *Química agrícola III Alimentos*. Editorial Alhambra S.A. pp. 279-397.
- Proexant. (2004) Disponible en : www.proexant.org.ec/Manual%20de%20Guayaba.html
- Quijano C.; Clara F.; Suarez Margoth.; Duque Carmenza (1999). Constituyentes volátiles de dos variedades de Guayaba (*Psidium guajava* L.) Palmira ICA – I y Glum Sali. *Revista Colombiana de Química* Vol. **28** No 1. Año.

-
- Reyes Campos Rosario. (2002). Influencia de factores combinados irradiación y temperatura en la calidad química de guayaba, Tesis-**UNAM**, Facultad de Química México pp. 33.
- Ruiz Galicia Leticia del Socorro (1983). Obtención y conservación de la Pulpa de Guayaba (*Psidium, guajaba*. L) Proveniente de Variedades Criollas. Tesis profesional. Facultad de Química UNAM. pp. 12.
- Saftner, R. A. y Baldi, B. G. (1990). Polyamine levels and tomato fruit development: possible interaction with ethylene. *Plant Physiology*, **92**: 547-550.
- SAGARPA (2005). Disponible en: <http://www.sagar.gob.mx/users/pidtca>
- SAGARPA (2001). *Anuario Estadístico de la producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos*, México.
- San Roman Sánchez Aide Araceli. (1997). *Atmósferas Modificadas una alternativa para la conservación de frutas y hortalizas frescas*. UNAM Tesis F.E.S (Cuautitlán). pp. 40-47.
- Schlottmann, H.; Muhlendyck, E., y Schuphan, W. (1961). *Deutsch. Lebensm. Rundschau*, **57**, 270.
- SECOFI NMX-FF-040-SCFI-2002 Productos Alimentarios no industrializados para consumo humano. Fruta fresca Guayaba (*Psidium guajava* L.)
- SEDAGRO-SAGAR (1999). Memorias y conferencias. Primer encuentro estatal de productores de guayaba, de 23 al 25 de julio,. Zitácuaro, Michoacán.
- SICA (2005). Disponible en :
http://www.sica.gov.ec/agronegocios/est_peni/DATOS/COMPONENTE3/guayaba.htm
- Sigh, H.K. y Chauhan, K.S. (1993) Effects of pre-harvest sprays of certain chemical on storage behaviour of guava at low temperature. *Haryana Journal of Horticultural Science* **22**, 195-202.

-
- Sigh R.V.; Tewari, J.D. y Chauhan, B.B.S.(1993) Effects of wax coating and prepacking in polyethylene bags on the storage behaviour of guava cv. Allahabab Safeda. *Haryana Journal of Horticultural Science* **22**, 126-130.
- Smock, R.M. (1979) Controlled atmosphere storage of fruits. *Horticult. Rev.* **1**:301-336.
- Solomos, T. (1982). Effect of oxygen concentration on Fruit respiration: nature of respiratory diminution. En: D.G. Richardson y M. Meheriuk. (ed.) *Controlled Atmospheres for Storage Transport of Perishable Agricultural Commodities*, Beaverton, OR: Timber Press. pp. 161-170.
- Trejo Márquez Ma. Andrea (2000). Estudios de Factores Fisiológicos y Bioquímicos Relacionados con los daños por el frío en plátano. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona Facultad de Veterinaria. España.
- Ulrich, R. (1970). "Organic acids", en *The Biochemistry of fruits and their products*, vol. **1**, pp 89-118.
- Universidad de Davis (2005). Disponible en:
<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Guayaba.shtml>.
- Vickiea A.; Vaclavik P.; Elizabeth W.; Cristian P. (1998). *Fundamentos de Ciencia de los Alimentos*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España. pp. 437-438.
- Wang, CY. (1998).Chilling Injury of fruits and vegetables. *Food reviews International*, **5**: 209-236.
- Watada, EA. Herner RC; Kader, AA; Romaní, RI y Staby, GL. (1984). Terminology for the description of developmental stages of horticultural crups. *HortScience*; **19**: 20-21.
- Wiley, R.C. (1997). *Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza España. pp. 152-154.
- Wilson, C. W.; Shaw, P.E.; Knight, R.J. (1994). Importance of some lactones and 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone to guava (*Mangifera indica* L.) aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **38**: 1556-1559.

-
- Wills, R.H.H.; Lee, T.H.; Mc Glasson, W. B.; Hall E.G.; Graham D. (1977). *Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas Post-Recolección*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza (España). pp. 12.
- Wills, R.; Mc Glasson, B.; Graham, D.; Joyce, D. (1998). *Introducción a la fisiología y manipulación postcosecha de frutas hortalizas y plantas ornamentales*. 2da Edición Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España). pp. 144.
- Wolf, J. (1941). *Vorratspfl. und Lebensmittelforsch.*, **4**, 241.
- Yang, C.C. y M.S. Chinnan. (1988a). Modeling the effect of CO₂ on respiration and quality of stored tomatoes. *A.S.A.E.* **31**: 920-925.
- Yahia E.M., Vazquez-Moreno, L (1993). Responses of mango to insecticidal oxygen and carbon dioxide atmosphere. *Lebensmittel-Wissenschaft U-Technologie* **26**: 42-48.
- Yang, C.C. y M.S. Chinnan. (1988b). Computer modeling and color development of tomatoes stored in polymeric film. *J. Food Sci.* **55**:869-872.
- Yañes Lopez L.; Buescher Ron W.; Armella Miguel A. (1998). *Efecto de la temperatura y 30% de CO₂ en la acumulación de etanol en pepino, lechuga y durazno*. *Agronomía Costarricense* **22**(2): 199-204.
- Zagory., D. y Kader, A.A. (1998). Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Fd. Technol.*, **42 (9)**: 70-77.
- Zamora Magdaleno Ma. T.; Cajuste Bomtemps J.; Cololinas León Ma. T.B.; Santacruz U.H. (1999). Efecto de los daños mecánicos sobre el comportamiento postcosecha de fruto de aguacate. *Revista Chapingo serie Horticultura.* **5**: pp. 319-328.
- Zomorodi, B (1990). *The Technology of Processed Prepackaged produce. Preparing the product for Modified Atmosphere Packaging (MAP)*. CAP'90, Schotland Business Research INC., New Jersey, USA. pp 301-317.