

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

**TIPOS DE EMPAQUE Y TEMPERATURAS DE
FRIGOCONSERVACIÓN EN FRUTAS DE PITAYA
(*Stenocereus queretaroensis*)**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA**

PRESENTA

FITOTECNIA

WILBERTH MAGAÑA BENÍTEZ

911741

CHAPINGO, MÉXICO, OCTUBRE DE 1999



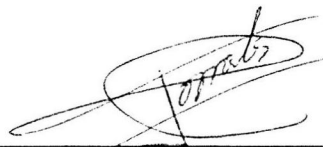
TIPOS DE EMPAQUE Y TEMPERATURAS DE FRIGOCONSERVACIÓN EN
FRUTAS DE PITAYA (*Stenocereus queretaroensis*)

Tesis realizada por **WILBERTH MAGAÑA BENÍTEZ** bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, aprobado por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

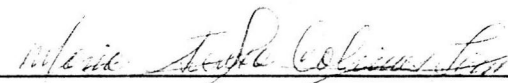
COSEJO PARTICULAR

DIRECTOR



Dr. José Joel Corrales García

ASESOR (A)



Dra. María Teresa Colinas León

ASESOR



M. C. Pablo Cruz Hernández

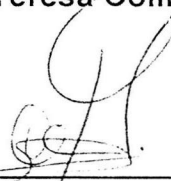
34790

Universidad Autónoma Chapingo
Chapingo, Estado de México, Octubre de 1999.

TIPOS DE EMPAQUE Y TEMPERATURAS DE FRIGOCONSERVACIÓN EN
FRUTAS DE PITAYA (*Stenocereus queretaroensis*)

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **WILBERTH MAGAÑA BENÍTEZ** autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura estuvo constituido por:

PRESIDENTE 
Dra. María Teresa Colinas León

ASESOR 
M. C. Pablo Cruz Hernández

ASESOR 
Dr. Carlos Acosta Zamudio

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de la presente tesis Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia **WILBERTH MAGAÑA BENÍTEZ**, es originario del municipio de Escárcega, Campeche, México; donde nació el 16 de julio de 1972.

Realizó estudios de Educación Media Superior en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 62, en Escárcega, Campeche. Posteriormente ingresó al Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, donde realizó los estudios de Educación Superior cursando la carrera de Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia, de la que egresó en 1994. Titulado con la tesis: "Manejo postcosecha en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.): Efecto de cortes y empaques".

En el aspecto profesional ha trabajado como técnico de procampo en la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR) en 1995 y como inspector fitozoosanitario en el Comité Estatal de Protección y Control Estadístico (CEPCE) de 1996-97, ambos en el Estado de Campeche.

Tiene dos cursos de acreditación a nivel nacional: 1) manejo fitosanitario del algodonero y 2) campaña fitosanitaria contra mosca mexicana de la fruta.

Realizó estudios de Maestría en Ciencias en Horticultura, con la orientación de Fruticultura, en la Universidad Autónoma Chapingo de agosto de 1997 a julio de 1999, especializándose en la línea de investigación: Bioquímica, Fisiología y Tecnología en Postcosecha de productos hortofrutícolas.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sincero agradecimiento a las siguientes instituciones y personas:

A la Universidad Autónoma Chapingo y especialmente al Departamento de Fitotecnia por haberme brindado sus frutos de sabiduría y al Departamento de Ingeniería Agroindustrial por las facilidades que me otorgaron.

Al Gobierno Constitucional del Estado de Campeche (1998-2003), que encabeza el Lic. José Antonio González Curí por el apoyo económico que me brindó. Una deuda que espero pagar con mejor enseñanza e investigación.

Al Ayuntamiento Constitucional del municipio de Escárcega, Campeche (1998-2000), que preside el Profr. Rigoberto Cambranís González por su apoyo moral y económico que desinteresadamente me brindó.

Al Dr. Joel Corrales García por su valiosa dirección, enseñanzas, apoyo y paciencia, pero sobre todo por sus valiosos consejos y por la amistad sincera que siempre me ha brindado.

A la Dra. María Teresa Colinas León por su valiosa asesoría y por los invaluable conocimientos que me ha ayudado a adquirir.

Al M. C. Pablo Cruz Hernández por su asesoramiento en la realización de este trabajo y por la amistad que me brinda.

AL M. C. Efraín Contreras Magaña por su asesoría en la parte estadística de la investigación y al M. C. Joel Meza Rangel por su valioso asesoramiento en el

uso y manejo del cromatógrafo de gases, para la determinación de las muestras, y por la invaluable amistad que me brindan.

Al M. C. José Flores Ruvalcaba por su gran apoyo como pieza fundamental de la fase de campo en Techaluta de Montenegro, Jalisco, y por su valiosa amistad que siempre me ha brindado.

Al Ing. Eduardo Salcedo Pérez por el acceso de la información consultada, pero sobre todo por su valiosa amistad que siempre me ha brindado.

También deseo expresar mi agradecimiento al Dr. Aureliano Peña Lomelí , al Dr. Jaime Sahagún Castellanos, al Dr. Gustavo Almaguer Vargas, al Dr. Carlos Acosta Zamudio y al Dr. Alejandro Barrientos Priego, por sus invaluable conocimientos que me dejaron.

Así mismo, agradezco al Sr. Adrián Paredes García por su gran apoyo en la obtención de datos en la fase del laboratorio y la Sra. Carmina Romero Vázquez por su apoyo de manera personal, pero sobre todo por la valiosa amistad que me brindan.

A la fundación Produce de Jalisco, A.C. por el financiamiento de la presente tesis.

A la Sociedad Cooperativa de Productores de Bienes y Servicios de Pitayas y Derivados de Techaluta de Montenegro, Jalisco, por el apoyo brindado y la confianza depositada, para la realización del presente trabajo. Espero que el conocimiento generado sea también para su beneficio.

Al Ayuntamiento Constitucional del municipio de Techaluta de Montenegro, Jalisco (1998 – 2000), que preside el Ing. Hector Manuel López Ruelas, por las facilidades otorgadas, para la realización del presente trabajo.

A todos aquellos compañeros y amigos que directa o indirectamente participaron en mi formación ó contribuyeron en la realización del presente trabajo.

A mis maestros en especial aquellos que atendidamente me guiaron por el camino de la superación.

DEDICATORIA

Con mucho amor y fe: a **DIOS** que me ha permitido llegar con gran satisfacción y salud a esta otra gran etapa tan importante de mi vida.

Con mucho amor a mis padres: **Cristóbal** (q.e.p.d.) y **Guadalupe** por que me dieron la vida, por el cariño que me han brindado, sacrificio, apoyo y comprensión. En especial a mi **padre (†)**, aunque ya no pudimos compartir este momento, pero sobre todo por su conducción en mis estudios y enseñarme a valorar las oportunidades que la vida nos da, sus consejos siempre vivirán presente en mi recuerdo.

A ellos que es el mejor regalo que DIOS me ha dado, mis hermanos: **Juan Manuel y esposa, José Leonardo y esposa, Roberta, Yolanda Arcelia y Gonzalo Francisco**, por los momentos alegres y difíciles que hemos compartido, porque me brindan siempre su apoyo y comprensión, en quienes siempre he confiado y confían en mí.

A mí abuelo: **Marcelino** por sus sugerencias recibidas desde mi infancia, y que me alentó a conseguir otro objetivo más en la vida.

A mis consentidos, traviesos y pequeños sobrinos: **Juan Manuel y Mayle Guadalupe** quienes hacen la alegría de la familia, por que triunfen y sean los mejores en la vida.

A todas aquellas personas, compañeros y amigos que no escapan de mi pensamiento. En especial a todos aquellos de mi querido terruño, que siempre he extrañado: **“ESCÁRCEGA”**.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general	4
1.1.1. Objetivos particulares	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Origen, distribución e importancia	5
2.1.1. Origen	5
2.1.2. Distribución	5
2.1.3. Importancia	5
2.2. Ubicación taxonómica	6
2.3. Regiones productoras	6
2.4. Cosecha	6
2.4.1. Índice de cosecha	7
2.4.2. Método de corte	7
2.5. Caracterización de frutas de pitaya	8
2.5.1. Fisiología y bioquímica	9
2.5.2. Pérdidas de peso	10
2.5.3. Cambios de firmeza	11
2.5.4. Cambios en sólidos solubles totales	11
2.5.5. Cambios de acidez (pH)	12
2.5.6. Cambios de color	12
2.5.7. Patrón de respiración	12

	Página
2.5.8. Producción de etileno	14
2.6. Principios básicos de cromatografía de gases	16
2.7. Manejo postcosecha	18
2.7.1. Embalajes ó empaques	19
2.7.1.1. Efectos de embalajes	20
2.7.1.1.1. Protección del producto contra daños mecánicos	20
2.7.1.1.2. Dificultades de los productos hortícolas para su empaque	20
2.7.1.1.3. Resistencia mecánica del embalaje	21
2.7.1.2. Materiales de empaque	21
2.7.1.2.1. Caja de cartón	21
2.7.1.2.2. Empaque de poliuretano ó “unicel”	23
2.7.1.2.3. Canastos	24
2.7.2. Refrigeración como técnica de conservación	25
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Origen y obtención del material vegetal experimental	27
3.2. Factores de estudio	29
3.2.1. Tipo de empaque	29
3.2.2. Temperatura de frigoconservación	29
3.3. Descripción de tratamientos	29
3.4. Variables de respuesta evaluadas	30
3.4.1. Variables físicas	31
3.4.1.1. Color externo de la cáscara del fruto	31
3.4.1.2. Firmeza de la pulpa	33

	Página
3.4.2. Variables químicas	33
3.4.2.1. Sólidos solubles totales del jugo	33
3.4.2.2. Potencial Hidrógeno del jugo	33
3.4.3. Aspecto visual	34
3.4.3.1. Frutas dañadas	34
3.4.4. Variables fisiológicas	34
3.4.4.1. Pérdida de peso	34
3.4.4.2. Patrón de respiración y producción de etileno	35
3.4.4.2.1. Elaboración de la curva estándar de CO ₂	39
3.4.4.2.2. Elaboración de la curva de calibración para C ₂ H ₄	41
3.5. Análisis de resultados	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. Variables de respuesta de las frutas de referencia	44
4.2. Variables de respuesta de las frutas tratadas	50
4.2.1. Color externo de la cáscara del fruto	50
4.2.2. Firmeza de la pulpa	57
4.2.3. Sólidos solubles totales del jugo	59
4.2.4. Potencial Hidrógeno del jugo	61
4.2.5. Frutas dañadas	63
4.2.6. Pérdida de peso	66
4.2.7. Patrón de respiración	68
4.2.8. Producción de etileno	72
V. CONCLUSIONES	77
VI. RECOMENDACIONES	79
VII. LITERATURA CITADA	80
VIII. ANEXO	95

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Características químicas de frutos de <i>S. stellatus</i>	9
2	Descripción de tratamientos	30
3	Flujos de CO ₂ , N ₂ y total, concentración teórica de CO ₂ (ppm) resultante y área bajo la curva correspondiente, determinada en el cromatógrafo de gases, para obtener la curva estándar de CO ₂	40
4	Principales cambios postcosecha de las frutas de pitaya almacenadas bajo condiciones ambientales (aproximadamente 20 °C y H.R. del 45 a 50 %)	44
Anexo A	Análisis de varianza de pérdida de peso (%), firmeza (mm de penetración), pH, sólidos solubles totales (°Brix) y porcentaje de frutas dañadas en pitaya, después de 11 días de frigoconservación	95
Anexo B	Análisis de varianza de los parámetros de color en la cáscara del fruto: cambio de color, ángulo de tono, pureza del color y brillantez, después de 11 días de frigoconservación	95
Anexo C	Comparación de medias de pérdida de peso (%), firmeza (mm de penetración), pH, sólidos solubles totales (°Brix) y porcentaje de frutas dañadas en pitaya, después de 11 días de frigoconservación	96
Anexo D	Comparación de medias de los parámetros de color en la cáscara del fruto: cambio de color, ángulo de tono, pureza del color y brillantez, después de 11 días de frigoconservación	96

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Mapa de color de acuerdo al sistema Hunter-Lab	32
2	Cromatograma y reporte correspondiente de la muestra estándar (20,000 ppm) de CO ₂	37
3	Cromatograma y reporte correspondiente de la muestra estándar (103 ppm) de C ₂ H ₄	38
4	Curva estándar de CO ₂ y su ecuación obtenida por regresión	41
5	Curva de calibración para etileno	42
6	Patrón de respiración de las frutas de pitaya almacenadas a temperatura ambiente (aproximadamente 20 °C)	47
7	Producción de etileno de las frutas de pitaya almacenadas a temperatura ambiente (aproximadamente 20 °C)	49
8	Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en el parámetro de color ángulo de tono (<i>Hue</i>) de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A = 3.04 y DMS para B = 2.046	51
9	Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en la pureza del color (<i>Chroma</i>) de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A = 0.6936 y DMS para B = 0.466	52
10	Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en la brillantez de la cáscara ("L Hunter) de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A = 0.7902 y DMS para B = 0.5311	54

Figura		Página
11	Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en el cambio de color de la cáscara (ΔE) de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A = 0.3114 y DMS para B = 0.2093	56
12	Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en la firmeza de la pulpa de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A = 2.22 y DMS para B = 1.49	58
13	Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en el contenido de sólidos solubles totales en el jugo de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A = 0.5669 y DMS para B = 0.3810	60
14	Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en el contenido de pH en el jugo de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A = 0.1554 y DMS para B = 0.1045	62
15	Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en el porcentaje de frutas dañadas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A = 15.53 y DMS para B = 10.44	64
16	Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en la pérdida de peso de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A = 1.67 y DMS para B = 1.12	67
17	Patrón de respiración de las frutas de pitaya transferidas al ambiente, después de 11 días de frigoconservación: Efecto del factor tipo de empaque	69

Figura		Página
18	Patrón de respiración de las frutas de pitaya transferidas al ambiente, después de 11 días de almacenamiento en los tipos de empaque: Efecto del factor temperatura de frigoconservación.	71
19	Producción de etileno de las frutas de pitaya transferidas al ambiente, después de 11 días de frigoconservación: Efecto del factor tipo empaque	73
20	Producción de etileno de las frutas de pitaya transferidas al ambiente, después de 11 días de almacenamiento en los tipos de empaque: Efecto del factor temperatura de frigoconservación	75
Anexo E	Patrón de respiración de las frutas de pitaya almacenadas a temperatura ambiente, después de corte (A); y después de 11 días de frigoconservación: efecto del factor tipo de empaque (B) y efecto del factor temperatura de frigoconservación (C)	97
Anexo F	Patrón de producción de etileno de las frutas de pitaya almacenadas a temperatura ambiente, después de corte (A); y después de 11 días de frigoconservación: efecto del factor tipo de empaque (B) y efecto del factor temperatura de frigoconservación (C)	98

RESUMEN

Tipos de empaque y temperaturas de frigoconservación en frutas de pitaya
(*Stenocereus queretaroensis*)

La fruta de pitaya en fresco es un producto altamente perecedero después de corte, bajo condiciones naturales de almacenamiento. Con base a lo anterior, se obtuvieron frutas de pitaya en el municipio de Techaluta, Estado de Jalisco, México, y se llevaron a la Universidad Autónoma Chapingo, con el objetivo de evaluar la respuesta a diferentes tipos de empaque y temperaturas de frigoconservación, sobre algunos parámetros fisiológicos, bioquímicos, físicos y de calidad de la fruta, así como también en las frutas de referencia almacenadas a temperatura ambiente. Los factores de estudio fueron 1) tipos de empaque (cajas de poliuretano y de cartón, y canastos de otate "regional") y 2) temperaturas de frigoconservación ($9^{\circ} \pm 1$ y $12^{\circ} \pm 1$ °C, HR= 85 %). El diseño experimental fue completamente aleatorio en arreglo factorial 3x2, para generar 6 tratamientos con 4 repeticiones. Después de 11 días de frigoconservación, se encontró que los tipos de empaque no influyeron significativamente, pero numéricamente el que respondió mejor fue el de cartón. La temperatura influyó significativamente, debido a que a $9^{\circ} \pm 1$ °C se obtuvieron los menores cambios: mayor concentración de SST, mayor firmeza; menor pH, pérdida de peso y porcentaje de frutas dañadas; menor producción de CO₂ y C₂H₄; en color externo de la cáscara (ángulo de tono, pureza del color, brillantez y cambio de color) los cambios fueron mínimos. Se demostró con las frutas de referencia la curva típica en respiración de frutas no climatéricas, con alta producción de etileno. Las mejores características de calidad de la fruta se conservaron en el embalaje de cartón, y a temperatura de frigoconservación de $9^{\circ} \pm 1$ °C.

Palabras claves: pitaya, empaque, frigoconservación, respiración, etileno.

ABSTRACT

Packing types and cold storage temperatures on pitayo fruits
(*Stenocereus queretaroensis*)

Fresh pitayo fruit is highly perishable after harvest, under conditions of natural storage. On this basis, pitayo fruits were obtained from the municipality of Techaluta, Jalisco State, México and taken to the University of Chapingo, with the purpose of evaluating the response to different types of packing and cold storage, on some physiological, biochemical and physical parameters as well as on quality of the fruit, compared to fruit kept at environment al temperature. The factors were: 1) types of packing (cardboard box, polyurethane and baskets of otate) and 2) storage temperatures ($9^{\circ} \pm 1$ and $12^{\circ} \pm 1$ °C, HR= 85 %). A completely random experimental design with a factorial treatment arrangement 3 by 2, with 4 replicates was used. After 11 days of cold storage, it was found that the types of packing did not influence significantly, although cardboard gave the best results. The temperature had a significant influence, at $9^{\circ} \pm 1$ °C changes were less negative: higher soluble solids content, greater firmness; lower pH, loss of weight and percentage of damaged fruits; low production of CO₂ and C₂H₄; and low color changes in the peel (angle of tone, color purity, brightness and change of color). The fruits had a typical non climateric curve for respiration, with high ethylene production. The better quality characteristics were obtained with carboard boxes, at a temperature of $9^{\circ} \pm 1$ °C cold storage.

Key words: pitayo, packing, cold temperature , respiration, ethylene.

I. INTRODUCCIÓN.

Piña (1979) indicó que en México, aproximadamente un 33.4 % de la superficie es semiárida y un 18 % árida, donde la escasez de agua es la principal limitante del desarrollo agropecuario. El desarrollo de especies frutícolas bajo las condiciones anteriores es reducido y sobresalen algunas especies de la familia de las cactáceas. La pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) es una de ellas, con potencial para los mercados regional, nacional e internacional. Para poder acceder a los mercados internacionales con frutas exóticas como la pitaya, en principio no es indispensable disponer de grandes volúmenes de producción, sino contar con frutas de muy buena calidad y los medios adecuados de distribución y comercialización.

La pitaya (*Stenocereus griseus*) tiene gran demanda por sus propiedades organolépticas (color, sabor y aroma) y por lo tanto un alto consumo de la fruta es en fresco, además se elaboran aguas frescas, helados y mermeladas, entre otros usos (Castillo, 1984). Respecto al consumo per cápita, superficie y producción, a nivel nacional, no se tienen datos precisos oficiales. Entre las principales regiones productoras de pitaya sobresalen los Estados de Puebla y Oaxaca con *S. griseus* y *S. stellatus*, Michoacán y Guerrero con *S. fricii* y *S. quevedonis*, Querétaro y Jalisco con *S. queretaroensis* (INEGI, 1998).

Respecto a estudios en pitaya se tienen pocos trabajos y los que existen están relacionados con los siguientes tópicos: caracterización de *S. stellatus* (Cruz, 1985); aprovechamiento (Castillo, 1984), germinación de semillas (Martínez, 1983), producción (Llamas, 1984) y fisiología pre y postcosecha del fruto de (Castellón y Del Toro, 1986) de *S. griseus*; aspectos taxonómicos y etnobotánicos (Salcedo, 1991) y características reproductivas (Pimienta y Nobel, 1995) de *S. queretaroensis*.

Por otro lado, una limitante comercial de la pitaya, es que su tiempo de vida útil después del corte es muy reducido bajo condiciones naturales de almacenamiento.

En general la vida máxima de almacenamiento de cualquier producto hortofrutícola cosechado depende de una gran diversidad de factores tanto internos (entre los que sobresalen el historial de su producción, grado de madurez al momento de la cosecha, perecibilidad, entre otros), como externos (entre los que sobresalen las características del manejo postcosecha, temperatura, humedad relativa, composición de la atmósfera, entre otros) en los que se encuentra. Estos factores pueden ocasionar cambios drásticos en los parámetros de calidad del producto, sin embargo, se pueden manipular para disminuir la velocidad de respiración y los procesos bioquímicos involucrados en la maduración y senescencia minimizando su deterioro y el ataque microbiano (Shewfett, 1990); la tecnología de empaque y el manejo de niveles adecuados de temperatura de frigoconservación son algunas de las alternativas para prolongar la vida de anaquel de cualquier fruto.

Una de las principales funciones del embalaje, es la protección del producto para mantener su calidad durante almacenamiento, transporte y mercadeo. Con el empackado se logra una comercialización más ordenada de los productos. Los contenedores de embarque son unidades que facilitan la transferencia de los productos desde donde se producen hasta los puntos finales de consumo. Existen varios materiales de empaque, algunos de los cuales son específicamente adecuados para determinados productos, según sea su consistencia externa (epidermis) y la perecibilidad del producto (Mitchell, citado por Hardenburg *et al.*, 1986). La respuesta que presentan los productos hortofrutícolas a los diferentes tipos y materiales de empaque es diversa.

La refrigeración como técnica de conservación representa hoy en día un procedimiento totalmente común en el almacenamiento y conservación de los

productos hortofrutícolas (Hernández, 1985). Sin embargo, la refrigeración solamente detiene o retarda los procesos naturales de deterioro y por lo tanto no puede restaurar la buena condición de un producto que ya ha sido deteriorado (Dossat, 1976). Sin embargo, de acuerdo con Wade (1979) muchos productos padecen daños cuando se refrigeran a temperaturas no necesariamente de congelamiento.

Como se mencionó anteriormente, la fruta de pitaya (*S. queretaroensis*) en fresco es un producto altamente perecedero, ya que bajo condiciones ambientales de almacenamiento se deteriora rápidamente en demérito de su calidad y presentación, y por consecuencia su tiempo de vida útil comercial es muy corto. El manejo postcosecha de esta fruta exótica aún no se ha desarrollado tecnológicamente, por lo que se tienen serias limitaciones para su comercialización. En general se desconoce cuales son las mejores condiciones de empaque y de temperatura de almacenamiento que permitan prolongar por un mayor tiempo su corta vida de anaquel, manteniendo al máximo posible sus principales atributos de calidad. Específicamente no se ha generado información con respecto al efecto mecánico, que causan los diferentes materiales de empaque sobre la pitaya, ni las respuestas de esta fruta a diferentes niveles de temperatura de refrigeración.

Con base a lo anterior en este trabajo primero se evaluó el comportamiento fisiológico, bioquímico y físico natural, de las frutas en postcosecha almacenadas durante cinco días a temperatura ambiente; y posteriormente se evaluaron tres diferentes tipos de empaque y el efecto de dos niveles de temperatura sobre algunos parámetros fisiológicos, bioquímicos, físicos y de calidad en frutas de pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) después de once días de almacenamiento en condiciones de frigoconservación.

1.1. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar el comportamiento natural de las frutas almacenadas a temperatura ambiente, y la respuesta a diferentes tipos de empaque y condiciones de frigoconservación (niveles de temperatura), sobre algunos parámetros fisiológicos, bioquímicos, físicos y de calidad de las frutas de pitaya (*Stenocereus queretaroensis*).

1.1.1. OBJETIVOS PARTICULARES:

1. Evaluar el comportamiento fisiológico, bioquímico y físico en postcosecha de las frutas de pitaya, durante cinco días almacenadas en condiciones naturales a temperatura ambiente.
2. Evaluar los efectos globales de tres tipos de empaque (cajas de poliuretano, cajas de cartón y canastos de otate, que es el empaque regional) sobre los parámetros de color externo de la cáscara, firmeza, contenido de sólidos solubles totales, pH de la pulpa, porcentaje de frutas dañadas, pérdida de peso, patrón de respiración y producción de etileno en frutas de pitaya después de once días de almacenamiento refrigeradas a dos diferentes temperaturas.
3. Evaluar los efectos globales de dos niveles de temperatura ($9^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ y $12^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$) sobre los parámetros mencionados en el punto anterior en frutas de pitaya después de once días de almacenamiento, empacadas en tres diferentes tipos de embalaje.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Origen, distribución e importancia.

2.1.1. Origen.

El origen de los ancestros de *Stenocereus* se localizan en el Caribe y Norte de Sudamérica, considerándose que emigraron al Norte de México, donde se establecieron e influenciados por las condiciones ecológicas evolucionaron en formas muy diversas (Bravo, 1978). Los restos más antiguos encontrados de este género, corresponden a los hallazgos hechos en Tehuacán, Puebla; de las especies *S. trelesi* y *S. pruinosus* a cuyos restos se le atribuyen una antigüedad de 3,500 y 6,500 años A.C., respectivamente (González, 1972).

2.1.2. Distribución.

En México, el género *Stenocereus* spp. Está representado por alrededor de 19 especies distribuidas casi en toda la República, en la Península de Baja California, en la vertiente del Pacífico desde Sonora hasta Chiapas y en la vertiente del golfo, desde Veracruz hasta Tamaulipas (Bravo, 1978). El género *Stenocereus* se encuentra con mayor abundancia en el Sur y Sureste del Eje Volcánico Transversal, de este género las especies más importantes económicamente son: *S. marginatus*, *S. stellatus*, *S. treleasei*, *S. griseus*, *S. fricii*, *S. queretaroensis*, *S. quevedonis* entre otros (Sánchez, 1984).

2.1.3. Importancia.

La pitaya (*S. griseus*) tiene gran demanda por el alto consumo de la fruta en fresco, así como para la elaboración de aguas frescas, helados y mermeladas, entre otros (Castillo, 1984), cabe señalar que la industria de la fruta no se ha desarrollado, debido a que la producción es reducida y apenas satisface parte

de la demanda para el consumo como fruta fresca (Bautista *et al.*, 1995). En otras partes del continente se utiliza la parte vegetativa como seto vivo, para fabricar techo y paredes o como fertilizante debido a su alto contenido de potasio (Britton y Rose, 1963). De la pitaya *S. queretaroensis* es posible la obtención de colorantes, cuyas características físico-químicas los ubican en el grupo de los flavonoides (Alatorre y Vigueras, 1995). Su importancia comercial, es restringida debido a las dificultades que presenta por su manejo postcosecha (Anónimo, citado por Martínez, 1983).

2.2. Ubicación taxonómica.

La pitaya se incluye dentro de la siguiente clasificación taxonómica: Orden: *Cactales*, Familia: *Cactaceae*, Subfamilia: *Cactoideae*, Tribu: *Pachycereeae*, Subtribu: *Stenocereinae*, Género: *Stenocereus* a la cual contribuyen 24 especies identificadas, de las cuales las dos más importantes son: *S. griseus* y *S. queretaroensis*, a las que comúnmente se les conoce como “pitayas de mayo” (Bravo, 1978).

2.3. Regiones productoras.

La pitaya en México se encuentra en estado silvestre y cultivada en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Guerrero y Jalisco (Gold, 1970). La especie *Stenocereus queretaroensis* se encuentra con relativa abundancia en varias localidades de los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato y Querétaro, donde se pueden distinguir diferentes tamaños y formas de fruto (Salcedo y Arreola, 1991).

2.4. Cosecha.

La mayor parte de los productos hortícolas que se consumen en fresco son altamente perecederos. Al realizarse el corte, éstos deben ser manejados con

sumo cuidado evitando especialmente daños físicos como magulladuras y heridas, ya que a través de éstas se pierde gran cantidad de agua y ocurre la penetración de microorganismos. También se estimula la producción de etileno, se incrementa la velocidad de respiración y ocurren cambios indeseables en la coloración y composición química, así como una baja en el contenido de vitaminas (Drake, 1982).

2.4.1. Índice de cosecha.

El fruto de pitaya debe cosecharse cuando cambia de un color verde pálido a un rosado o empieza a aparecer un color rojizo o pintado de rojo; asimismo, el fruto debe presentar un aspecto hinchado o empezar a tirar las primeras espinas. En las pitayas de mayo, la cosecha se presenta a fines de abril, mayo y hasta principios de junio (Díaz, 1995).

Los frutos de los pitayos de la tribu Pachycereae, al madurar, comúnmente rompen la cáscara para exponer la pulpa, en general de colores muy atractivos y sabor agradable, donde quedan contenidas muchas semillas pequeñas de un color negro brillante (Granados *et al.*, 1999).

Salcedo y Arreola (1991) para frutas de *Stenocereus queretaroensis*, mencionaron que el momento de la cosecha lo indican el color de la fruta, el desprendimiento de las areolas o las pitayas reventadas, y se realiza durante todo el período de producción comprendido entre los meses de abril y mayo, incluyendo la “privanza” (días después de abundancia).

2.4.2. Método de corte.

El corte de pitaya (*S. fricii*) se realiza manualmente. La cosecha y recolección debe ser de preferencia durante la mañana, lo más temprano posible para evitar que los pájaros (aves) y roedores dañen la fruta. El corte se realiza con

gancho (canastilla), vara larga de otate, carrizo o de cueramo, de aproximadamente 4.8 m de largo, cuya punta se divide en cuatro partes dando el aspecto de una pequeña canasta, lo que permite sujetar al fruto y cortarlo al empujarlo directamente, sin que caiga al suelo y luego éste se deposita en recipiente (Rebollar *et al.*, 1997).

Salcedo y Arreola (1991) mencionaron que las frutas de pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) se cosechan con un instrumento que consta de 3 ó 4 varillas soldadas en la base y abiertas hacia los extremos formando una canasta, la cual se sujeta a una vara de carrizo, y con ella se cortan y se bajan las frutas evitando golpearlas; el corte normalmente se lleva a cabo en las primeras horas de la mañana.

2.5. Caracterización de frutas de pitaya.

García-Nuñez (1993), reportó para frutos de *Stenocereus griseus* (Haworth), rangos en el contenido de °Brix de 7.7 a 11.6, en pH de 4.52 a 6.52, en azúcares reductores directos de 5.3 a 6.7, en azúcares totales de 5.44 a 7.82 y el porcentaje de acidez de 0.003 % a 0.15 %.

Pimienta y Tomas (1993), evaluando 25 variedades de frutas de pitaya (*S. queretaroensis*) encontraron que en la mayoría de las variedades el porcentaje de pulpa en la fruta fue de alrededor de 75 %. En relación a la composición química de la fruta, el pH de la pulpa varió de 4 a 5, el porcentaje de ácido málico osciló entre 0.14 % a 0.49 %. El porcentaje de sólidos solubles totales varió de 6.2 a 13.4, y el promedio general fue de 10.2.

Los análisis bromatológicos han demostrado que las frutas de pitaya de color blanco tienen mayor porcentaje de azúcares totales, y menos en las frutas de color rojo y solferino (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características químicas de frutos de *Stenocereus stellatus* (Cruz, 1985; citado por Granados *et al.*, 1999) (sic).

Variable	Fruto rojo	Fruto blanco	Fruto amarillo	Fruto solferino
Sólidos Solubles Totales (°Brix)	9.23	10.00	9.10	9.05
Potencial Hidrógeno (pH)	4.2	4.40	4.46	3.7
Acidez titulable	0.53	0.39	0.50	0.47
% Humedad	86.36	86.37	87.26	87.26
% Glucosa	7.02	6.89	6.93	7.04
% Fructosa	3.10	4.26	3.29	2.52
% Azúcares reductores	10.13	11.16	10.22	9.56
% Sacarosa	2.44	4.76	3.84	3.12
% Azúcares totales	12.58	15.92	14.07	12.68

2.5.1. Fisiología y bioquímica.

El proceso de maduración se ha definido como un conjunto de cambios que ocurren desde las últimas etapas del crecimiento de los frutos hasta las primeras etapas de su senescencia, resultando en una serie de características organolépticas que hacen al fruto apto para el consumo (Herrero y Guardia, 1992). Estos cambios se traducen generalmente en alteraciones en el color, sabor, textura y aroma, debido a que la maduración y senescencia se caracterizan por cambios en el contenido de carbohidratos, ácidos orgánicos no volátiles, polifenoles y constituyentes volátiles del sabor (Herrero y Guardia, 1992).

Los principales cambios físicos que ocurren durante el almacenamiento son: las pérdidas de humedad, cambios de color y cambios en textura. Varios son los cambios químicos que tienen lugar en el fruto durante el almacenamiento, pero

los más fáciles de monitorear son los cambios en ácido ascórbico, contenido de sólidos solubles, acidez titulable y pH (Salunke y Desai, 1984).

2.5.2. Pérdidas de peso.

La transpiración es el proceso que provoca principalmente las pérdidas de agua y consecuentemente las pérdidas de peso en el fruto (Hardenburg *et al*, 1986). De acuerdo con esto Paull y Chen (1989) mencionaron que la piel del fruto tiene una menor resistencia a las pérdidas de agua, debido a los cambios que se experimentan en la pared de la membrana celular durante la maduración. Es por ello que tal como menciona Gorini (1989), cuando las pérdidas de peso en frutas son del orden de entre 5–7 % el marchitamiento es irreversible lo cual va en detrimento de la calidad.

Ezell (1959), citado por Hardenburg *et al*. (1986) mencionó que la pérdida de agua es una de las causas más importante del deterioro de las cosechas durante el almacenamiento, y que las frutas y legumbres contienen entre 80 y 95 % de agua por peso, parte de la cual se puede perder por evaporación y/o transpiración.

Reyes (1985) en la tuna observó que el aumento de las pérdidas de peso fue más rápido a los 6 días en los frutos cosechados a los 90 y 110 días, en tanto que las frutas cosechadas a 115 y 120 días el aumento fue mayor en los días posteriores.

Hardenburg (1971) mencionó que el empaque puede reducir las pérdidas de humedad y así impedir la deshidratación, en especial si se emplean materiales que forman barreras para el vapor de humedad, por lo tanto, la pérdida de agua puede reducirse colocando en torno al producto una barrera física que dificulte el movimiento del aire. El más simple de los métodos consiste en cubrir las pilas de hortalizas con un toldo o empaquetarlas en sacos, cajas de madera o cartón

(Vasquéz, 1985). El almacenamiento a bajas temperaturas reduce el gradiente de la presión de vapor entre el producto y la atmósfera y por lo tanto se reduce la pérdida de agua por transpiración (Liu, 1992).

2.5.3. Cambios de firmeza.

La característica común de la maduración de muchos frutos es la disminución de su firmeza, o sea, el progresivo ablandamiento de sus tejidos (Hobson, 1981; Tucker y Grierson, 1987). Este ablandamiento del fruto se debe a la acción de las enzimas pectinmetilesterasas y poligalacturonasas, las cuales actúan en la pared celular provocando cambios en los componentes (Herrero y Guardia, 1992). Por otro lado, la textura de los tejidos vegetales es afectada por la anatomía y relaciones hídricas a nivel celular, y por la composición de las paredes celulares (Knee y Bartley, 1981).

La firmeza está directamente relacionada con la textura, y ésta última está altamente asociada con la variación estructural de los componentes pécticos durante el crecimiento y maduración (Fisher y Bennett, 1991). La textura es medida con instrumentos mecánicos siendo los más importantes el texturómetro, el denderómetro, fibrómetro, entre otros (Arthey, 1975).

2.5.4. Cambios en sólidos solubles totales.

Los sólidos solubles totales (SST) están integrados por diversos compuestos solubles, en donde los azúcares y los ácidos orgánicos son los principales componentes, los azúcares libres combinados con otros constituyentes son de importancia para que se alcance un sabor agradable del fruto (Hansen, 1966; citado por Muratalla, 1992). El incremento de azúcares durante la maduración del fruto, es acompañado por un incremento en SST y una disminución el almidón (Arthey, 1975). La glucosa, arabinosa y maltosa se incrementan durante la maduración (Salunkhe y Desai, 1984).

Es variable el contenido de SST en las diferentes partes del fruto, es en el jugo de las frutas en donde se determina el contenido de SST, la forma de determinar los sólidos solubles o grados °Brix es con el refractómetro manual, el cual da lecturas directas (Sinclair, 1984).

2.5.5. Cambios de acidez (pH).

Modi y Reddy (1967), citados por Pantastico (1975) señalaron que los ácidos orgánicos no volátiles se encuentran entre los principales constituyentes celulares que sufren cambios durante la maduración, y que los principales ácidos que se han identificado son el cítrico, málico y ascórbico. Ulrich (1970) mencionó que la acidez de los frutos se puede expresar a través del pH del jugo del fruto. Por otro lado, Reyes (1985) encontró que en tuna, el pH del jugo incrementó ligeramente en los frutos cosechados a los 91, 98, 105 y 110 días, respectivamente.

2.5.6. Cambios de color.

La coloración de fondo de los frutos, respecto al verde poco a poco alcanza tonalidades más amarillas independientemente de la coloración más o menos rojiza que recubre el fruto en la parte soleada, esto se puede determinar con el colorímetro Hunter-Lab o la tabla de colorimetría estándar (Molina y Torrallardona, 1970). En otro sentido, con la disminución del contenido de clorofila pueden aumentar o disminuir otros pigmentos, dependiendo de la temperatura de almacenamiento, grado de madurez y la variedad (Ezell y Wilcox, 1952; citados por Pantastico, 1975).

2.5.7. Patrón de respiración.

Un fruto es un ser vivo cuyo metabolismo (respiración) prosigue aún después de recolectado, la única diferencia estriba en que, separado del árbol, este fruto

vive a expensas de sus reservas (Durán, 1983). La respiración es el proceso básico mediante el cual las sustancias de reserva, principalmente el almidón y azúcares se oxidan para proporcionar dióxido de carbono, agua, calor y otras sustancias volátiles componentes del aroma (Saucedo, 1986). La respiración está constituida por las rutas de glicolisis, Ciclo de Krebs, ciclo de las pentosas, por el transporte de electrones y fosforilación oxidativa y en algunos casos por el ciclo del glioxilato también funciona. En la mayoría de los substratos respiratorios de los productos hortofrutícolas, su capacidad de carbono orgánico es como almidón o sacarosa o bien otros azúcares, a excepción de aguacate y olivo en cuyo caso son lípidos (Saucedo, 1990).

Biale (1964) reportó que los frutos absorben oxígeno y desprenden bióxido de carbono, si se cuantifica cualquiera de estos dos gases, se puede medir su actividad respiratoria. Por otro lado, la intensidad respiratoria depende de la especie, variedad, condiciones ambientales (temperatura y disponibilidad de oxígeno), incidencia de daño y aplicación de sustancias químicas (Saucedo, 1986). En base a su patrón respiratorio en postcosecha, Biale (1960) clasificó a los frutos como climatéricos y no climatéricos: los frutos climatéricos son cosechados en un estado de madurez fisiológica y los procesos de maduración normal tienen lugar después de la cosecha, estos frutos presentan un incremento repentino en la respiración después de cosechados; los frutos no climatéricos, son cosechados en un estado de madurez comestible y cuya actividad respiratoria no experimenta un incremento tras su cosecha ni presenta el proceso de maduración.

En frutas (tuna) de nopal, especie *Opuntia robusta* Mill, Laskshminarayana y Estrella (1978) estudiaron el comportamiento respiratorio en condiciones ambientales (20 ± 1 °C, 60-65 % de humedad relativa) y encontraron un comportamiento similar al de los cítricos, de frutos no climatéricos. Así mismo, Alvarado (1978) comparando el patrón respiratorio de frutas de *Opuntia amyclaea* Tenore, cosechados en 5 estados de madurez, encontró que no hubo

un climaterio respiratorio en postcosecha como normalmente se observa en un fruto climatérico. En otro estudio, realizado por Domínguez (1992) con frutas de *Opuntia amyclaea* T., reportó que al momento de la cosecha la actividad respiratoria de las frutas se estableció en 22.6 mg de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹; y que además estos presentaron el patrón característico de respiración no climatérico en postcosecha. En otro estudio, Andrade y Bernabe (1995) en 6 variedades de tuna (*Opuntia* spp.) encontraron que las frutas mostraron un patrón típico de respiración no climatérico, presentándose un ligero incremento en la tasa respiratoria, que se atribuye a la incidencia de daños por frío.

Cruz (1985) en cuatro variedades de frutas de pitaya (*S. stellatus*), en condiciones naturales de temperatura encontró un patrón de respiración, característico a las frutas de tipo no climatéricas, ya que el CO₂ producido por ellas después de cosecharse en madurez de consumo no mostró incremento, la respiración al segundo día de corte manifestó 30 mg de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ y a los cinco días de corte decreció entre 20-25 mg de CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

2.5.8. Producción de etileno.

El etileno (C₂H₄) se considera como la fitohormona más importante en el proceso de maduración de los frutos, debido a que sin una concentración determinada de este, dicho proceso no se presentaría. Esta hormona se sintetiza a partir de la metionina en niveles que varían con el tipo de fruto y su comportamiento respiratorio postcosecha. Para la acción de madurar, el etileno necesita fijarse aún complejo enzima-metal, y tanto su síntesis como su mecanismo de acción son sensibles a las bajas temperaturas, altas concentraciones de CO₂ y bajas concentraciones de O₂, también la síntesis puede ser estimulada por la incidencia de daños mecánicos o patológicos (Saucedo, 1986).

El etileno puede tener efectos muy profundos tanto negativos como positivos sobre los productos vegetales que se almacenan. Aunque el etileno puede ser necesario para que ciertas frutas maduren adecuadamente después de su almacenamiento, casi siempre se trata de minimizar la exposición al etileno de frutas almacenadas, ya que concentraciones tan bajas como de 0.1 ppm son suficientes para iniciar la maduración en los procesos de senescencia a 20 °C. Normalmente, a 0 °C, concentraciones de aproximadamente 1 ppm de etileno tiene el mismo efecto que 0.1 ppm a 20 °C. Por lo tanto, es muy importante que se mantengan bajas temperaturas no solo para disminuir la velocidad de respiración sino también para reducir la síntesis de etileno y los efectos de su exposición (Richardson, 1992).

El etileno promueve, sin duda, la maduración del tejido fisiológico receptivo (Abeles, 1973; citado por Westwood, 1978). La maduración es generalmente inhibida o retrasada cuando el etileno se elimina del fruto, por ventilación o almacenamiento hipobárico (baja presión). Con la edad, los frutos incrementan su sensibilidad al etileno y responden más rápidamente a concentraciones bajas, que cuando se encuentra en estado madurez tardía. Un incremento de etileno es seguido generalmente por una elevación en la respiración de frutos (Saucedo, 1990).

En frutas y hortalizas es importante el estudio del etileno por sus efectos sobre maduración, respiración y cambios químicos. Existen pruebas de que el etileno es un regulador del crecimiento relacionado con la maduración de los frutos. La idea de que el etileno es considerado como la "hormona de la maduración" se basa en el hecho de que este proceso ocurre sin que antes se haya alcanzado una determinada concentración del gas a nivel interno. Los frutos climatéricos presentan una alta producción de etileno, en tanto que en los no climatéricos la concentración de etileno permanece casi constante (Saucedo, 1990).

En frutas de pitaya, no se ha registrado la producción de etileno después de corte, pero en la tuna se ha reportado que la fruta produce pequeñas cantidades de etileno, ya que la producción encontrada por Domínguez (1992), varió en un rango entre 3 y 33 $\mu\text{l C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Señalando que éste se incrementa en los últimos días de su vida útil, probablemente como respuesta a los procesos inherentes a la senescencia. Una de las metodologías para determinar directamente la producción de CO_2 y C_2H_4 de los frutos es mediante la técnica de cromatografía de gases.

2.6. Principios básicos de cromatografía de gases.

De acuerdo con McNair y Bonelli (1969) y Bauer *et al.*, (1978), citados por Corrales (1995), los principios de cromatografía de gases se puede resumir en los siguientes párrafos:

La cromatografía de gases es un tipo de cromatografía (de partición o bien de adsorción) que es similar en muchos aspectos a otras cromatografías (de líquido o de papel). Las características que la distinguen son que la fase móvil es un gas y que el movimiento de las bandas de los componentes, en la dirección del desarrollo cromatográfico involucra la difusión forzada de las sustancias involucradas en sus respectivas fases de vapor. Se trata de una técnica fisicoquímica de separación para la identificación y cuantificación de los componentes de una mezcla (muestra) mediante el paso de una corriente de gas (fase móvil) sobre una fase estacionaria, si la fase estacionaria es un sólido, hablamos de la cromatografía de gas-sólido; si la fase estacionaria es un líquido le llamamos cromatografía de gas-líquido. En este caso el líquido es distribuido como una película fina sobre un sólido inerte y el mecanismo de separación consiste en la distribución de una muestra en dos fases: una estacionaria y otra móvil. La primera consiste en un soporte de gran superficie de contacto, que puede estar recubierta con una fase líquida. La segunda es un gas (vehículo transportador o acarreador de la muestra) el cual pasa a través de

la fase estacionaria. El mecanismo de separación entonces será la distribución o retención diferencial de los componentes de la mezcla (muestra) dentro y fuera de esta fase estacionaria.

En una mezcla de dos componentes, la separación se llevará a cabo si uno de los componentes es más soluble o se absorbe más que el otro en la fase estacionaria. Por su parte, el componente menos soluble o que se retiene menos por adsorción se moverá (por la acción del gas acarreador) con más facilidad sobre la fase estacionaria que el componente más soluble o que se retiene más por adsorción y por lo tanto llegarán al final de la columna en diferentes tiempos.

En una mezcla de varios componentes, idealmente, en cada uno de ellos debería tener diferente coeficiente de distribución entre la fase móvil y la fase estacionaria, de tal forma que todos eludirían de la columna a diferentes tiempos, ocurriendo así su completa separación. Sin embargo, esto rara vez ocurre así, dado que dos o más componentes pueden migrar a la misma velocidad, por diferentes razones; aunque sean diferentes compuestos podrían tener el mismo coeficiente de distribución y al final de la corrida fluyen al mismo tiempo (en el cromatograma aparecen picos coeluidos), lo que indica que bajo las condiciones en que se efectuó el análisis, no hubo separación de estos componentes.

En este contexto se ha establecido que no existe una técnica 100 % universal ya que la separación depende de las propiedades físicas y químicas de los componentes que integran la muestra; conociendo en forma precisa estas propiedades se facilita la elección de una técnica de separación (incluyendo tipo de columna, inyector, detector, temperaturas, etc) más adecuada y eficiente.

En la cromatografía, la resolución indica la magnitud de la separación de los componentes de la matriz lograda por la columna. Gráficamente, en el

cromatograma la resolución está en función directa de la distancia que hay entre las crestas de dos picos (componentes) contiguos y en función inversa al ancho de cada uno (anchos tomados en su altura media). La selectividad es la parte de la resolución que se refiere a los tiempos de retención de los componentes de la muestra, los cuales, como ya se comentó están en función de los coeficientes de distribución y éstos dependen a su vez de las propiedades fisicoquímicas y naturaleza química, Tanto de los componentes a separar como los de la fase líquida y estacionaria. La eficiencia también es parte de la resolución, es un término que se usa para indicar el grado de dispersión que presentan las bandas de cada componente al pasar por la columna. Lo que se desea es que esta dispersión sea mínima (que el componente eluya todo junto de una vez, y no poco a poco). En el cromatograma esto se refiere a lo esbelto de los picos, así a mayor eficiencia se tienen picos más esbeltos.

De acuerdo con lo anterior, quedó claro que los tejidos vegetales pueden tener respuestas muy diferentes al almacenamiento en atmósferas insecticidas, refrigeración y que probablemente en esas diferencias intervengan factores tales como: la tasa de acumulación de metabolitos anaerobios (acetaldehído y etanol), etileno, velocidad con la que el tejido los cataboliza y elimina, así como el origen del desbalance metabólico que puede deberse a una insuficiencia de oxígeno, al exceso de CO₂, o ambos, entre otros.

2.7 Manejo postcosecha.

Los comercializadores se encargan de limpiar, preparar, trasladar y vender la pitaya, y a veces el mismo productor la comercializa. Para comercializar las frutas de pitaya, lo primero es limpiarlas (quitarle las areolas y espinas), algunas veces es sumamente sencillo y otras sólo se puede realizar con navaja. Ya limpias se colocan en canastos de otate “chiquihuites” (conocidos así regionalmente), cajas o cubetas, dependiendo de la lejanía del lugar de venta;

las pitayas se acomodan en capas entre hojas de fresno o alfalfa para conservarlas frescas mientras llegan al consumidor. La fruta es sumamente perecedera por lo que es necesaria su venta el mismo día que fue cortada, ya que aún en refrigeración se conserva en buen estado sólo 3 días (Salcedo y Arreola, 1991).

2.7.1. Embalajes ó empaques.

La función principal de los empaques es de contener y proteger los productos. El tamaño del empaque es importante y debería estar diseñado de acuerdo a la finalidad en el mercado ó consumidores que requieren de una sola unidad. En otras circunstancias el tamaño del empaque influye para que una persona pueda manipularlo y transportarlo. La protección del producto es influenciada por la larga distancia durante el viaje o transporte, también por las condiciones ambientales, el tipo de manipulación, ya que se puede exponer a cualquier riesgo. Por cierto, los tipos de empaques y envases son usados para prolongar la vida de anaquel de los productos hortofrutícolas, reduciendo la infestación de patógenos. Una de las ventajas del empaque es que en su manipulación, los daños mecánicos en los frutos se reducen (Thompson, 1996).

Wills *et al.* (1980) mencionaron que el embalaje persigue dos objetivos fundamentales:

1. Ordenar las unidades en grupos idóneos para su manejo.
2. Proteger al producto durante el almacenamiento y comercialización.

Hardenburg (1971) mencionó que el embalaje de productos frescos tienen en la actualidad, que cumplir una serie de requisitos como:

1. Los envases deben tener la resistencia mecánica suficiente como para proteger al contenido durante el transporte.

2. El material para su construcción no debe contener productos químicos que puedan contaminar al producto y no ser tóxico para el hombre.
3. El envase debe cumplir con las exigencias del mercado y las necesidades impuestas por el manejo, en lo que hace referencia al peso, forma y tamaño.
4. Proporcionar servicios y motivación de ventas.
5. Reducir costos de transporte y de mercado.
6. Debe ser ligero y fácil de manejar.
7. Proteger la calidad y reducir los desperdicios ya que:
 - a) protege contra pérdidas de humedad (evitar evaporaciones).
 - b) puede proporcionar una atmósfera modificada benéfica.
 - c) puede evitar hurtos.

2.7.1.1. Efectos de embalajes.

2.7.1.1.1. Protección del producto contra daños mecánicos.

Los frutos varían en relación a la susceptibilidad de ser dañados mecánicamente y con el tipo de lesión que tienden a sufrir. La elección del envase y del método de envasado debe tener muy en cuenta estas diferencias. Se señalan cuatro causas distintas de lesión mecánica: los cortes, las compresiones, los impactos y las vibraciones (Wills *et al.*, 1980). El daño por compresión se reduce añadiendo un sistema de soporte, donde el peso lo soporte el producto; el daño por impacto se puede reducir con el uso de embalaje más ajustable al tamaño del producto; el daño por abrasión se puede reducir empacando a una densidad adecuada (Hotchkiss, 1992).

2.7.1.1.2. Dificultades de los productos hortícolas para su empaque.

Hotchkiss (1992) mencionó que los productos hortícolas son los alimentos que presentan un mayor grado de dificultad para su empaque, algunas de las dificultades más importantes son:

1. Son frágiles y su apariencia se altera notablemente con ligeros daños físicos.
2. Son voluminosos y pesados.
3. Transpiran y se deshidratan rápida y fácilmente. Esto propicia un deterioro en la textura.
4. Absorben oxígeno y producen bióxido de carbono.
5. Son susceptibles a sufrir infecciones y contener una variedad de microorganismos que pueden descomponer al producto, especialmente si éste se encuentra dañado (sic).
6. La velocidad de deterioro depende de la temperatura y en muchos casos la reducción de este parámetro trae como consecuencia una disminución en la velocidad de deterioro.

2.7.1.1.3. Resistencia mecánica del embalaje.

La protección continua del producto contra las lesiones mecánicas exige que el envase conserve su resistencia a lo largo de toda la cadena de comercialización. Es preciso que tolere la humedad alta, a consecuencia de la condensación o de que se haya puesto en contacto con el agua, de otro modo, que el material de que el envase se halle construido no absorba agua, como ocurre con las cajas de cartón que pierden rápidamente resistencia al absorber agua y son por ello poco satisfactorios en el almacenamiento en condiciones de humedad relativa elevada (Wills *et al.*, 1980).

2.7.1.2. Materiales de empaque.

2.7.1.2.1. Caja de cartón.

Las cajas de cartón corrugado son muy populares para el embarque de productos tropicales y subtropicales. Son ligeras de peso y de bajo costo, lo que les da ventaja. Sin embargo, tienen la desventaja de que algunos tipos

absorben humedad y pierden resistencia y con ello la altura de estiba puede ser limitada en áreas o en almacenes con elevada humedad relativa. La resistencia de las cajas de cartón puede aumentarse empleando materiales básicos más fuertes, con divisiones internas, forros extra o empleando cajas de tipo por completo encajable, con dos paredes externas (Hardenburg, 1984). Las cajas de cartón corrugado, por lo general se enfrían despacio cuando se les coloca en un cuarto frío. Disponiendo claros de ventilación y exponiendo superficies mayores al aire frío en movimiento, se aumenta en cierto grado la remoción de calor. El enfriamiento será más rápido si se fuerza el flujo del aire a través de los envases apilados y por las ranuras (preenfriamiento con aire forzado) en lugar de que se haga sólo alrededor de los envases (Sommer y Luvisi, 1960).

El cartón es el material más comúnmente utilizado en la fabricación de empaques para productos agrícolas. Este material está construido sobreponiendo una lámina de papel kraft ondulado (medio corrugado), entre dos capas de papel kraft suave (liners) y pegando el medio corrugado a estos (Hotchkiss, 1992).

SECOFI (1984), recomienda que el cartón sea simple corrugado, con una resistencia a la explosión de 11 a 19 kg cm⁻¹. El cartón deberá ser tratado (encalado, emparafinado, etc.) en función a los porcentajes de humedad del producto a contener, así como al del medio ambiente al que será expuesto, ya que cuando dicho porcentaje es alto, el cartón tiende a humedecerse y a perder resistencia. Por último se recomienda que no sea reprocesado.

Corrales (1992), reportó que para el empaque de tuna, el envase de cartón tiene importantes ventajas sobre el de madera, tales como el que las paredes interiores son más lisas, de manera que el daño por abrasión que causa al fruto es menor. En el altiplano potosino-zacatecano, una vez cosechada y clasificada la tuna roja se empaqueta en cajas de cartón con capacidad de 5.5 kg, las cuales se etiquetan para el mercado de exportación (Alvarez y Cruz, 1985).

Análogamente en las frutas de pitaya se puede asumir que el embalaje en caja de cartón puede ser conveniente.

Rodríguez (1996) mencionó que para el mercado de exportación las frutas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) deben estar convenientemente empacadas, haciendo uso del material más adecuado y sujetándose a los estándares internacionales para empaque y transporte. Actualmente se utilizan cajas de cartón corrugado de una sola pieza, también denominadas “cajas con lengüetas”, que cuentan con una o dos tapas abatibles, con lengüetas para el cierre; no llevan ni grapas ni plásticos.

2.7.1.2.2. Empaque de poliuretano ó “unicel”.

Las charolas, celdas o material de amortiguamiento se utilizan dentro de un empaque para transportar el producto y transferir una parte de la carga ocasionada por el fruto, para reducir los impactos entre las frutas y el recipiente, y poder lograr un eficiente llenado y reducir así, el daño por abrasión debido a vibraciones. Las charolas son de celulosa o de materiales sintéticos; las primeras tienen la desventaja de tener una baja resistencia a la humedad (Hotchkiss, 1992).

Existen diferentes tipos de poliuretanos, todos se caracterizan por la presencia del grupo del isocianato. Dependiendo de la localización del grupo C, N, O en la molécula, generalmente cuando hace reacción con el agua (H-OH) forma el grupo de los hidróxidos, parecidos a esteres de polihidróxidos. El envase de poliuretano esta formado por una o dos partes de polímeros, esto requiere un curado en el aire (con humedad y calor) formando un material duro ó suave, rígido ó elástico, químicamente inerte, y polímeros resistentes a la abrasión; los envases que son utilizados, se hacen en forma rígida y de espuma flexible. Tiene la peculiaridad de que la conductividad no decrece de forma regular con el descenso de la temperatura (Griffin *et al.*, 1985).

La utilización de empaques de material de poliuretano es de dos formas: sólido y espuma. El material sólido es como una película resistente a la abrasión, y el poliuretano de espuma se utiliza en Estados Unidos desde 1945. La espuma de poliuretano se obtiene en varias densidades y flexibilidades, determinado por el tipo de polyol el cual es combinado con el disocianato. Si esta mezcla de enlace es alto da como resultado un material de espuma más rígido. La espuma de poliuretano es importante por que provee de buena ventilación, es de poco olor y resistente a la oxidación, grasas y presencia de hongos. El material soporta temperaturas de -50 a 200 °F (Hanlon, 1971). Las cajas de unicel o polierutano, pueden proteger al producto de daños mecánicos externos y sus paredes no raspan a los frutos (Anónimo).

2.7.1.2.3. Canastos.

Los canastos son usualmente hechos de partes de bambú (*Bambusa vulgaris*), hojas de palma (*Sabal mexicana*), otate (*Bambusa oculeata*), entre otros, los cuales se tejen en forma de contenedores. Estos generalmente son de forma cónica, cuadrada ó rectangular. La construcción de los canastos es generalmente hecha a mano en comunidades rurales. Los canastos proveen de muy buena ventilación a los productos o frutos; pero el material del cual esta hecho, es de manera áspera y con frecuencia ocasionan daños por abrasión al producto, durante el transporte. Los materiales como hojas de papel (amortiguamiento) u otros, muchas veces son utilizadas para reducir el daño por abrasión, pero estos también reducen la ventilación. Los daños por compresión, son debido a que algunos canastos son hecho de materiales de mala calidad en cuanto a que son menos resistentes. Se recomienda usar los canastos solamente una vez, por que los canastos que son reutilizados, son fuente u hospederos de microorganismos y patógenos (Thompson, 1996).

En el Estado de Michoacán, el empaque de frutas de pitayas, se realiza depositando las frutas en canastos o cubetas, que se acondicionan con

periódicos u hojas de maleza de la región para evitar daños por rozamiento durante el transporte a los centros de venta. Al empacar en los recipientes, las frutas de pitaya se acomodan en capas: una de frutas por otra de periódicos u hojas (Rebollar *et al.*, 1997).

2.7.2. Refrigeración como técnica de conservación.

La refrigeración es la tecnología comercial más adecuada con que se cuenta en la actualidad para prolongar la vida útil de las frutas y hortalizas después de la cosecha (Ramos y Martínez, 1998).

Un fruto es un ser vivo cuyo metabolismo prosigue, aún después de cosechado; la única diferencia estriba en que, separado del árbol, el fruto vive a expensas de sus reservas. Estas reservas tienen un límite, y la refrigeración no hace otra cosa sino que inhibir el metabolismo (respiración) de los frutos para que este límite se alcance lo más tarde posible. El almacenamiento refrigerado, se recomienda para incrementar la vida útil de muchos productos perecederos, en virtud de que retarda su maduración (senescencia) y/o deterioro al reducir la velocidad de los procesos metabólicos inherentes al producto (Harderburg *et al.*, 1986).

El objetivo de la conservación por refrigeración podemos definirlo como “mantener al máximo la vida del fruto, permitiéndole realizar el intercambio gaseoso pero de manera que sea lo más lenta posible, a fin de retrasar al máximo los fenómenos de la maduración gustativa” (Molina y Torrallardona, 1970). La refrigeración del almacén tiene como objetivo eliminar el calor generado por la respiración de los productos almacenados y mantener una buena circulación del aire mediante la instalación de ventiladores, así como, eliminar el calor que penetre en el local a través de sus paredes (Duckwort, citado por Saenz, 1994).

Andrade y Bernabe (1995) encontraron que en las frutas de tuna almacenadas a 9 °C se permite prolongar la vida útil de estas, dependiendo de la variedad esta puede durar hasta dos meses, en buenas condiciones de calidad y sin presencia de pudriciones. Saenz (1994) en frutas de tuna con y sin aplicación de tiabendazol (TBZ), con acondicionamiento a diferentes temperaturas y almacenadas a 2° y 5 °C por tres semanas, encontró que no se observaron síntomas de daños por frío a la salida de la cámara frigorífica, sin embargo dicho desorden fisiológico se manifestó, durante el período de comercialización.

En tuna de castilla (*Opuntia ficus-indica*) las temperaturas óptimas de almacenamiento varían entre 6° y 9 °C (Chessa y Barbera, 1984). Por otro lado, Martínez-Soto *et al.* (1999) reportaron que la mejor temperatura de almacenamiento en frutas como la tuna (*Opuntia ficus-indica*) fue a 10 °C, sin daños por frío, durante 60 días, seguida por la de 15 °C. Para la tuna se determinaron que a temperaturas de 5° (González *et al.*, 1989) y a 8 °C hay incidencia de daños por frío, y que a 10 °C no los hay (Alvarado, 1978; Martínez-Soto *et al.*, 1999). En frutas de pitaya (*Selenicereus megalanthus*), Becerra (1994) demostró que la temperatura más baja de almacenamiento a la que se ha mantenido la fruta de pitaya, sin daños ni encaladuras fue de 8 °C, durante 15 días a 85 % humedad relativa.

Para las condiciones de Huajapan de León, Oaxaca, cuyo clima es semicálido (semicaluroso), se señalaron para las frutas de pitaya (*Stenocereus griseus*) de 4 a 5 días la vida en almacenamiento a temperatura ambiente después del corte, para manejarse y consumirse la fruta en fresco (Flores *et al.*, 1995).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Origen y obtención del material vegetal experimental.

Los frutos se obtuvieron en el Municipio de Techaluta de Montenegro, Estado de Jalisco, México, localizado a una altitud de 1,348 msnm, a una latitud Norte de 20° 05' y a 103° 33' de longitud Oeste (Salcedo y Arreola, 1991).

El clima se clasifica como BS1hw(W), que de acuerdo a la clasificación de García (1981), corresponde a un clima semi-seco con otoño e invierno seco y sin cambio térmico invernal bien definido; la temperatura media anual asciende en promedio a 21.3 °C, mientras que la temperatura máxima extrema se reporta a 38 °C y la mínima extrema a 3 °C. El régimen pluviométrico es inferior a los 800 mm anuales, recibiendo en promedio 610.7 mm de precipitación anual (Salcedo y Arreola, 1991).

En este trabajo se utilizaron frutas de pitaya (*Stenocereus queretaroensis*), de la variedad roja "Mamey", conocida así regionalmente en la Cuenca de Sayula, Jalisco.

Los frutos se cosecharon el 29 de mayo de 1999, por algunos productores de la zona, utilizándose como índice de corte frutos con tonalidad roja quemada (oscura) característica, con un peso aproximado de 130 a 140 g. Esto fue determinado de acuerdo a la experiencia empírica de los productores, se cuidó cortar frutos que ya presentaran esas características (tamaño y color), pero que presentaran restos del receptáculo floral y espinas, y que no estuvieran reventados. Los frutos se cortaron durante las primeras horas de la mañana con una herramienta usada en la región para tal fin, que consiste en una vara de carrizo que lleva en uno de sus extremos cuatro ganchos de hierro formando una canastilla, con la cual se sujetaron los frutos para cortarlos aplicando torsiones ó giros, quedando éstos en la canastilla de la herramienta sin caer al suelo, luego los frutos se depositaron directamente en los canastos de otate,

con capacidad aproximada de 130 frutos por canasto. El desespinado, se efectuó cuidando de no desprender el resto floral (conocido regionalmente como pitón) aproximadamente a las 13 horas posteriores al corte, esto con el fin de dar el tiempo suficiente para que se forme la zona de abscisión, lo que facilitó el desprendimiento de las espinas. En general, se procuró dar un manejo cuidadoso evitando en todo lo posible daños mecánicos al fruto, especialmente en las acciones de corte, acarreo y desespinado.

Después del desespinado, se realizó la selección del fruto de acuerdo con los criterios mencionados anteriormente, los frutos ya seleccionados se depositaron en los respectivos empaques y luego fueron de inmediato transportados por vía terrestre (con una duración de 10 horas aproximadamente) al Departamento de Ingeniería Agroindustrial (DIA) de la Universidad Autónoma Chapingo, en donde se almacenaron 11 días en cámaras frigoríficas con aproximadamente 85 % de humedad relativa, de acuerdo a los tratamientos correspondientes. La temperatura circundante al producto durante el transporte fue de $17^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Los frutos de “**referencia**” se mantuvieron a la temperatura del ambiente en el laboratorio de fisiología postcosecha del mismo DIA.

3.2. Factores de estudio.

3.2.1. Tipo de empaque.

Se evaluaron 3 tipos de empaque:

- a) Cajas de cartón de 25x35x10 cm de largo, ancho y alto, respectivamente, con capacidad de 24 frutos acomodados en un solo nivel.
- b) Cajas de poliuretano expandido de 50x36x10 cm de largo, ancho y alto, respectivamente, con capacidad de 25 frutos acomodados en un solo nivel.
- c) Empaque regional (canastos de otate de tamaño comercial pequeño) con capacidad de 25 frutos acomodados en dos niveles.

3.2.2. Temperatura de frigoconservación.

Se evaluaron dos niveles de temperatura: $9^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $12^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$, seleccionados en base a lo reportado en la literatura. La humedad relativa se controló mojando el piso de las cámaras frigoríficas con agua, tantas veces como fuera necesario y se midió con un psicrómetro (marca KRASA).

En un estudio previo (semana anterior) se evaluaron las frutas de “referencia” las cuales se mantuvieron por cinco días en cuatro empaques regionales (canastos de otate de tamaño comercial mediano, con capacidad aproximada de 80 frutos) a la temperatura y humedad del ambiente (20°C promedio y 45-50 % de humedad relativa).

3.3. Descripción de tratamientos.

En el cuadro 2, se describen los tratamientos que se aplicaron, los cuales derivan de la combinación de los factores: tipo de empaque (con tres niveles) y temperatura de frigoconservación (con dos niveles).

Cuadro 2. Descripción de tratamientos.

No. de Tratamiento	Descripción
T1	Frutas de pitaya frigoconservadas por 11 días en empaques de poliuretano expandido a $9^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$
T2	Frutas de pitaya frigoconservadas por 11 días en empaques de cartón a $9^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$
T3	Frutas de pitaya frigoconservadas por 11 días en empaques de la región a $9^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$
T4	Frutas de pitaya frigoconservadas por 11 días en empaques de poliuretano expandido a $12^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$
T5	Frutas de pitaya frigoconservadas por 11 días en empaques de cartón a $12^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$
T6	Frutas de pitaya frigoconservadas por 11 días en empaques de la región almacenados a $12^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$

Nota: Cada tratamiento tuvo 4 repeticiones, teniéndose en total 24 unidades experimentales.

3.4. Variables de respuesta evaluadas.

Las variables de respuesta evaluadas se cuantificaron al inicio (día inicial) del experimento, a los 5 días en las frutas de referencia, y al término de los 11 días en las frutas tratadas, en el laboratorio de fisiología de postcosecha, del Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. De cada unidad experimental (empaque) se tomaron 5 frutas para muestreo. Los tratamientos fueron evaluados mediante la determinación de las variables de respuesta de tipo físicas, químicas y fisiológicas, las cuales se describen a continuación:

3.4.1. Variables físicas.

3.4.1.1. Color externo de la cáscara del fruto.

El color externo de la cáscara de los frutos tratados se realizó con un colorímetro (marca Hunter-Lab, modelo MiniScan XE Plus No. 45/O-L). Con el que se obtuvieron las dimensiones “L Hunter”, “a Hunter” y “b Hunter”, donde “L Hunter” se refiere a la brillantez, cuyos valores varían desde 0 que representa colores totalmente oscuros hasta 100 que representa colores de máxima brillantez; “a Hunter” se refiere al color desde verde (-) hasta el rojo (+) y “b Hunter” se refiere al color desde azul (-) hasta el amarillo (+) (figura 1). Con estos valores se calcularon los siguientes parámetros: ángulo de tono (*Hue*), pureza del color (*Chroma*), brillantez (“L Hunter”) cambio de color (ΔE), los cuales se describen a continuación:

a) Ángulo de tono (*Hue*).

El ángulo de tono (*Hue*) se obtuvo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Ángulo de tono (Hue)} = \arctan \frac{\text{“b Hunter”}}{\text{“a Hunter”}}$$

b) Pureza del color (*Chroma*).

La pureza del color (*Chroma*) se obtuvo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Pureza del color (Chroma)} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

c) Brillantez “L Hunter”.

Es el valor directo de “L Hunter” que reporta el colorímetro

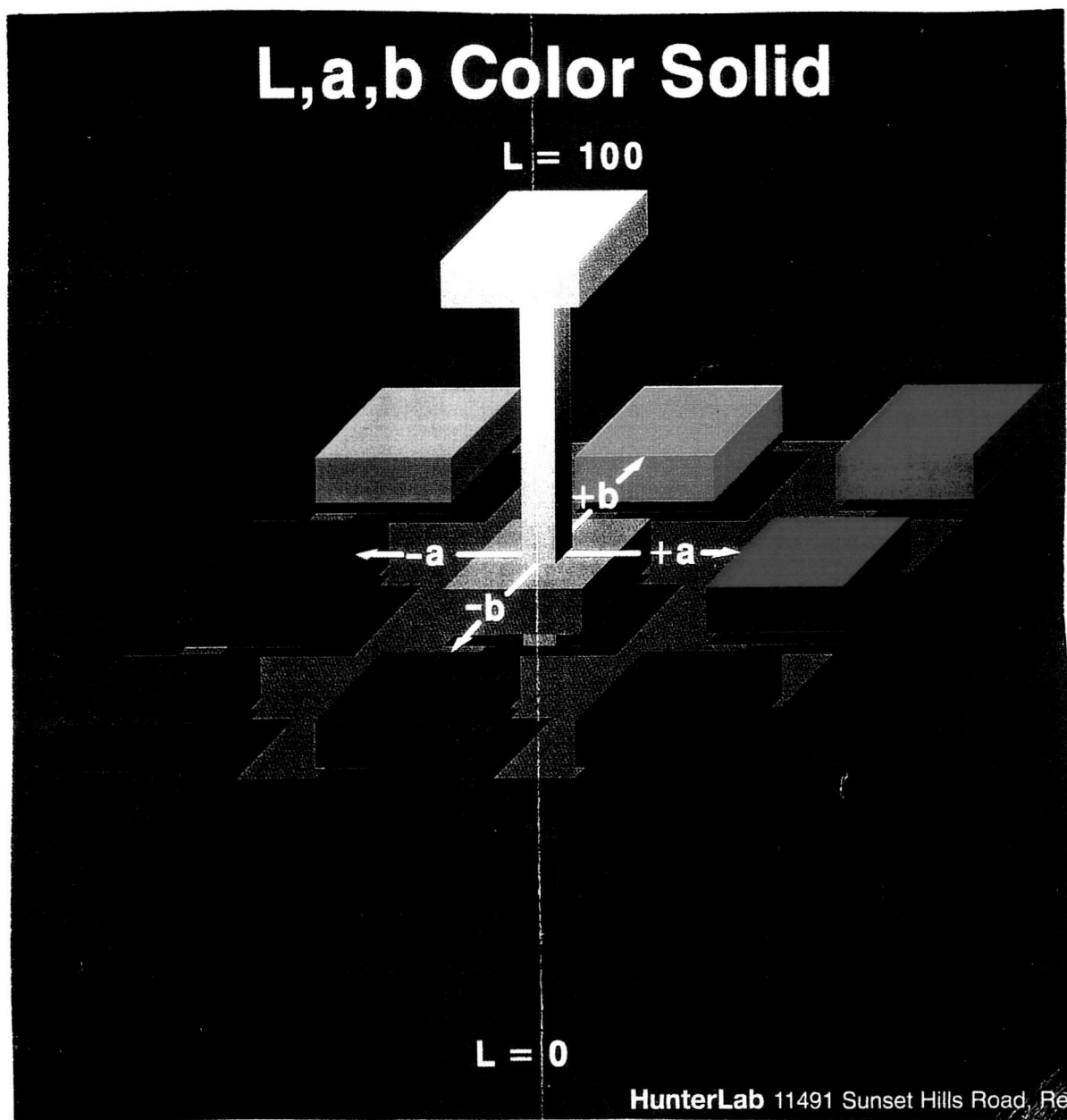


Figura 1. Mapa de color de acuerdo al sistema Hunter-Lab.

d) Cambio de color (ΔE).

El calculo de cambio de color se determinó con la siguiente ecuación:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Donde:

ΔL = valor "L Hunter" final – valor "L Hunter" inicial

Δa = valor "a Hunter" final – valor "a Hunter" inicial

Δb = valor "b Hunter" final – valor "b Hunter" inicial

3.4.1.2. Firmeza de la pulpa.

La firmeza de la pulpa se determinó con un Texturómetro Universal (marca sommer, modelo Sur Berlin), midiendo la distancia de penetración de un puntal cónico con un peso de 117.31 g y por un lapso de tiempo de 4 segundos de caída libre del puntal cónico. La lectura obtenida en el texturómetro se expresó como la distancia de penetración en milímetros (mm).

3.4.2. Variables químicas.

3.4.2.1. Sólidos solubles totales del jugo.

Esta variable se determinó directamente en el jugo del fruto, con el uso del refractómetro manual (marca National, No. 781147), con escala de 0° – 32°, expresando los resultados en contenido de sólidos solubles totales (°Brix).

3.4.2.2. Potencial Hidrógeno del jugo.

Esta variable se determinó mediante el uso del potenciómetro digital (marca Orion Research, modelo 701 A), con un electrodo de combinación en forma directa en el jugo del fruto. Esta variable se expresó como contenido de pH.

3.4.3. Aspecto visual.

3.4.3.1. Frutas dañadas.

Esta variable se determinó en forma visual, cuantificando el número de frutas que presentaron daños mecánicos (lesión, deformación, ondulaciones ó depresiones) y el número de frutas que presentaron daños fitopatológicos (pudriciones). Los datos se expresaron en porcentaje de frutas dañadas (%), de acuerdo a la siguiente formula:

$$FD (\%) = \frac{FD}{TF} \times 100$$

Donde:

FD (%) = Porcentaje de frutas dañadas

FD = Número de frutas con presencia de daños

TF = Número total de frutas

3.4.4. Variables fisiológicas.

3.4.4.1. Pérdida de peso.

La pérdida de peso del fruto fue determinada en una balanza electrónica digital (marca Mettler, modelo PI 200). Se tomó el peso inicial (al entrar al almacenamiento) y el peso final (después del periodo determinado de almacenamiento) de los mismos frutos. Los datos se expresaron en porcentaje de pérdida de peso (%), de acuerdo a la siguiente formula:

$$PP (\%) = \frac{PI - PF}{PI} \times 100$$

Donde:

PP (%) = Porcentaje de pérdida de peso

PI = Peso inicial del fruto en gramos

PF = Peso final del fruto en gramos

En las variables de respuesta anteriormente descritas (excepto frutas dañadas), las determinaciones se hicieron por quintuplicado, esto quiere decir que cada variable se evaluó promediando los valores obtenidos de los 5 frutos por unidad experimental ó repetición (empaque).

3.4.4.2. Patrón de respiración y producción de etileno.

El patrón de respiración y de producción de etileno de las frutas de pitaya, se obtuvieron simultáneamente siguiendo un método indirecto (toma de muestra gaseosa) en un sistema cerrado ó estático (cámara), donde la concentración de CO_2 y C_2H_4 se cuantificaron por cromatografía de gases, utilizando para CO_2 el detector de conductividad térmica (TCD) y para C_2H_4 el detector de ionización de flama (FID).

Los frutos se depositaron en cámaras de plástico transparente herméticamente selladas (un fruto por cámara de respiración), durante un tiempo aproximado de 2 horas. Al término del cual, se procedió a extraerle con una jeringa (marca HAMILTON) una pequeña cantidad de muestra gaseosa (0.1 ml) y enseguida se inyectó en el cromatógrafo, para que éste simultáneamente detectara los componentes (CO_2 y C_2H_4) y lo registrará en el programa del software (Star Chromatography Workstation Versión 4.5) (Varian, 1996). Posteriormente se destaparon las cámaras y se pesó cada uno de los frutos. También se midió el volumen de las cámaras, para poder realizar los cálculos de la tasa de respiración.

Las condiciones del cromatógrafo de gases fueron las siguientes: se utilizó un cromatógrafo de gases (marca Varian modelo 3400), con una columna capilar Chrompack con capa porosa de silica fundida (PLOT) y fase estacionaria poraplot Q, columna de 27.5 m de largo, 0.32 mm de diámetro interno y 0.45 mm de diámetro externo. El flujo en la columna capilar fue de 3.2 ml min^{-1} . Los gases usados y sus flujos en el detector fueron: de arrastre Nitrógeno ($30 \pm 1 \text{ ml}$

min⁻¹), Hidrógeno (30 ±1 ml min⁻¹) y aire (300 ±15 ml min⁻¹), con una presión de 34 libras por pulgada cuadrada (psi) en cabeza de columna. Las zonas del cromatógrafo se calentaron de acuerdo a lo siguiente: 80 °C en la columna, 150 °C en el inyector, 170 °C en detectores y 200 °C en el filamento. El tiempo de corrida fue de 3.5 minutos. Bajo las condiciones cromatográficas establecidas, el tiempo de retención para CO₂ fue de 2.33 minutos (figura 2) y de 2.61 minutos para C₂H₄ (figura 3).

Las tasas de respiración y de producción de etileno se registraron cada 12 horas, durante 7 días en los frutos de **referencia** los cuales se mantuvieron expuestos al medio ambiente. Todos los frutos tratados al término de su frigoconservación fueron removidos a condiciones ambientales (temperatura aproximada de 20 °C y una humedad relativa aproximada de 45-50 %) donde sus tasas de respiración y de producción de etileno también se registraron cada 12 horas, pero solo durante 4 días. Ambas variables se determinaron en un fruto por unidad experimental ó por repetición (empaque). Para el cálculo de la tasa de respiración de los frutos se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Respiración en ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1} = \frac{[\text{CO}_2] (v)/ f}{(t) (p)}$$

Donde:

[CO₂] = Concentración de CO₂ de la muestra en partes por millón (ppm) determinada por el cromatógrafo

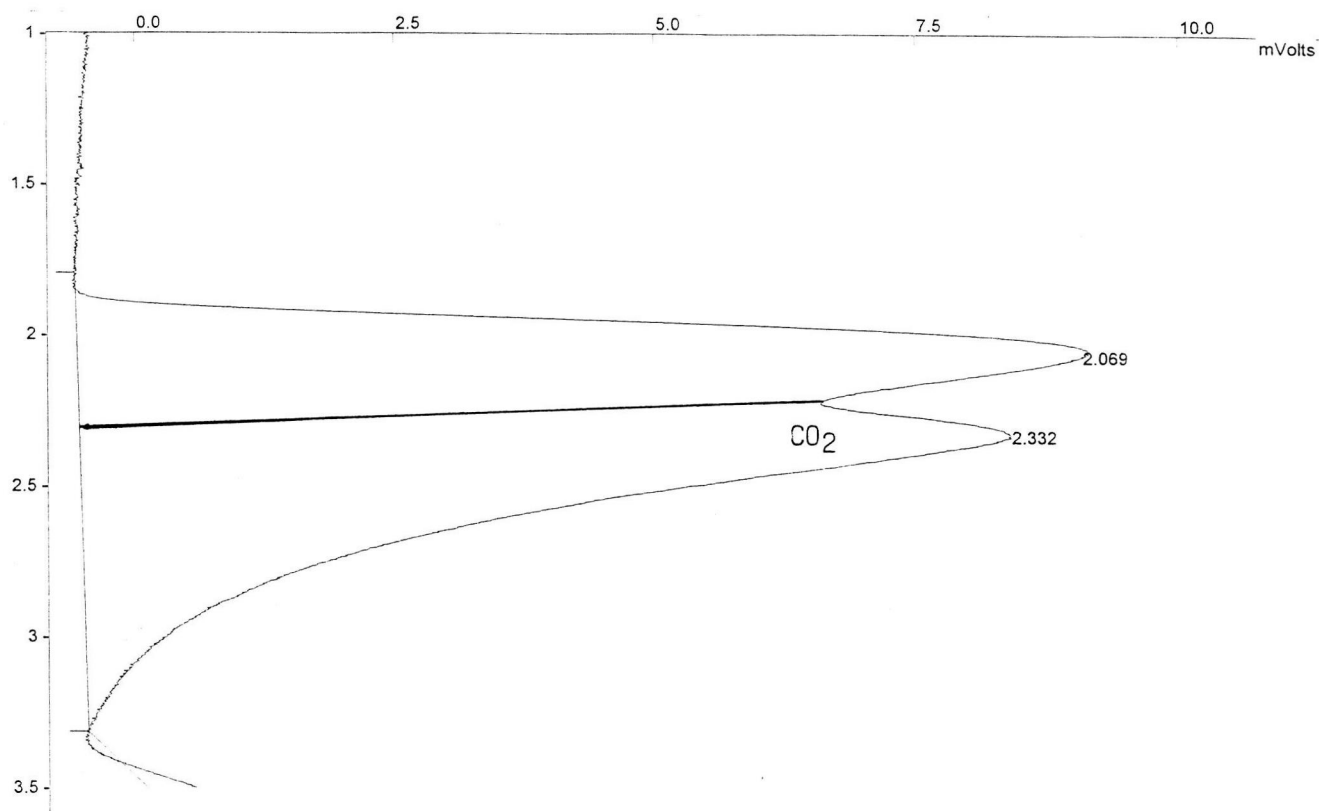
v = volumen de la cámara o recipiente en mililitros (ml)

f = factor de equivalencias (1, 000, 000)

t = tiempo de acumulación de CO₂ emitido por el fruto en horas (h)

p = peso de los frutos en kilogramos (kg)

- ♦ Es importante mencionar que la concentración de CO₂ en ppm, se obtuvo mediante cálculo usando la ecuación de la curva estándar para CO₂, que previamente se determinó y que se describe posteriormente.

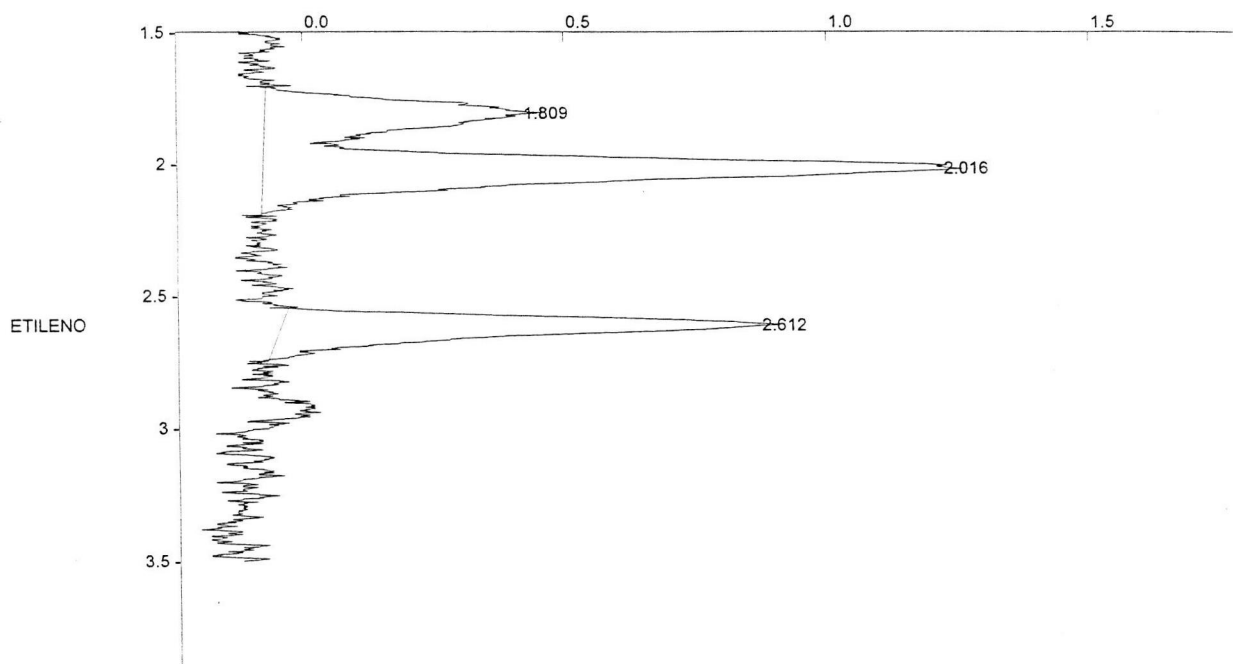


***** Star Chromatography Workstation ***** Version 4.5 *****

Run Mode : Analysis
 Peak Measurement: Peak Area
 Calculation Type: Percent

Peak No.	Peak Name	Result ()	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes
1		37.8965	2.069	0.000	14221	BV	14.3	
2	CO ₂	58.3863	2.332	0.000	21910	VP	31.7	
3		3.7172	3.772	0.000	1395	PB	0.0	
Totals:		100.0000		0.000	37526			

Figura 2. Cromatograma y reporte correspondiente de la muestra estándar (20,000 ppm) de CO₂.



***** Star Chromatography Workstation ***** Version 4.5 *****

Run Mode : Analysis
 Peak Measurement: Peak Area
 Calculation Type: External Standard

Peak No.	Peak Name	Result ()	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes
1		0.0000	1.809	0.000	364	BV	5.8	
2		0.0000	2.016	0.000	820	VB	5.5	
3	ETILENO	0.4281	2.612	0.019	464	BB	4.3	
Totals:		0.4281		0.019	1648			

Figura 3. Cromatograma y reporte correspondiente de la muestra estándar (103 ppm) de C_2H_4 .

Para el cálculo de la producción de etileno de los frutos se utilizó la formula siguiente:

Producción de etileno en $\mu\text{l C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1} = \frac{[\text{C}_2\text{H}_4] (1000) (v)}{(t) (p)} f$; y simplificando:

$$\mu\text{l C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1} = [\text{C}_2\text{H}_4] (v) / (t) (p) (1000)$$

Donde:

$[\text{C}_2\text{H}_4]$ = Concentración de C_2H_4 de la muestra en parte por millón (ppm) determinada en el cromatógrafo

v = volumen de la cámara o recipiente en mililitros (ml)

1000 = factor de conversión de mililitros a microlitros

f = factor de correlación de equivalencias (1000 000)

t = tiempo de acumulación de C_2H_4 emitido por el fruto en horas (h)

p = peso de los frutos en kilogramos (kg)

- ♦ También es importante mencionar que la concentración de C_2H_4 , se obtuvo mediante cálculo usando la ecuación de la curva de calibración para C_2H_4 , que previamente se determinó y que se describe posteriormente.

3.4.4.2.1. Elaboración de la curva estándar para CO_2 .

Para elaborar esta curva se utilizaron dos tableros mezcladores de gases, alimentados con una fuente de CO_2 gaseoso presurizado (estándar certificado, con 4015 ppm de concentración de CO_2 , balance N_2), y una fuente de N_2 en tanque presurizado (estándar certificado de alta pureza de N_2 al 100 %).

Se seleccionaron una serie de diluciones (combinaciones de estos dos gases en diferentes proporciones con base en velocidad de flujo), teniéndose como límite para la suma de ambos, un flujo máximo total de alrededor de 7.5 l h^{-1} . Así, el CO_2 originalmente con 4015 ppm, balance N_2 , fue diluido consecutivamente con un flujo complementario de N_2 , bajando el flujo de CO_2 y

subiendo proporcionalmente el del N₂. De esta forma fueron preparadas 5 mezclas de flujo continuo y de concentración teórica conocida, cada mezcla fue inyectada por triplicado en el cromatógrafo. Las condiciones del cromatógrafo fueron las mismas que se describieron anteriormente.

Posteriormente se graficaron los datos de las concentraciones (teórica resultado de cada dilución) contra el área integrada bajo la curva (pico), correspondiente a cada mezcla obteniendo así, mediante un programa de regresión simple la curva estándar, cuya ecuación de regresión es la siguiente:

$$\text{CO}_2 \text{ (ppm)} = 70.38 + 4.4322 (X)$$

Donde:

CO₂ (ppm) = Concentración de CO₂ en partes por millón (ppm)

X = Area obtenida bajo la curva, para cada muestra inyectada.

Los flujos parciales de CO₂, N₂, y total, así como la concentración teórica resultante para CO₂ y el área bajo la curva del pico correspondiente se muestran en el cuadro 3; la curva estándar correspondiente y su ecuación obtenida por regresión simple, se presenta en la figura 4.

Cuadro 3. Flujos de CO₂, N₂ y total, concentración teórica de CO₂ (ppm) resultante y área bajo la curva correspondiente, determinada en el cromatógrafo de gases, para obtener la curva estándar de CO₂.

Flujo de CO ₂ l h ⁻¹	Flujo de N ₂ l h ⁻¹	Flujo total l h ⁻¹	Concentración teórica resultante de CO ₂ (ppm)	Área bajo la curva
7.50	0	7.50	4015.00	897.0
5.66	1.81	7.47	3029.98	680.0
3.38	4.16	7.54	1809.42	346.0
1.09	6.39	7.40	583.51	127.0
0	7.50	7.50	0	0.00

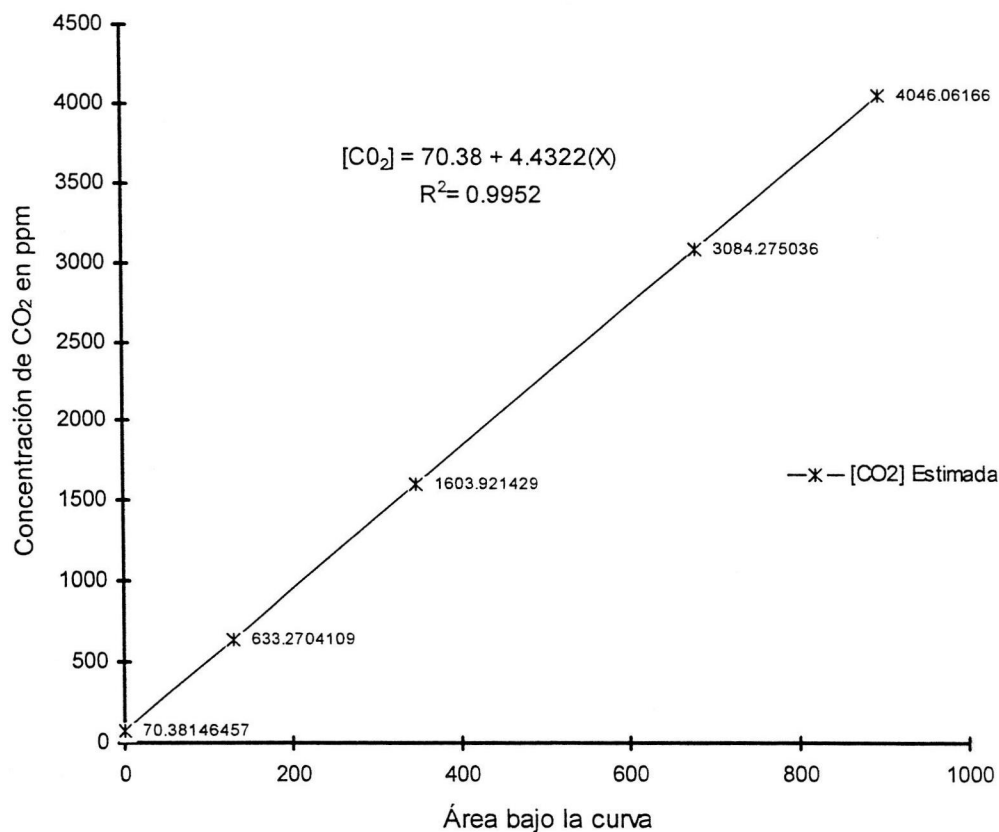


Figura 4. Curva estándar de CO₂ y su ecuación obtenida por regresión.

3.4.4.2.2. Elaboración de la curva de calibración para C₂H₄.

Para elaborar la curva de calibración se utilizaron dos diferentes concentraciones de etileno (mezclas certificadas de 10 y 103 ppm de C₂H₄, balance N₂), cada concentración fue inyectada por triplicado en el cromatógrafo. Las condiciones de cromatógrafo fueron las mismas que se describieron anteriormente.

Posteriormente se graficaron los datos de las concentraciones contra el área integradas bajo la curva (pico), dada por el cromatógrafo correspondiente a

cada mezcla para obtener así la curva de calibración (figura 5), determinada por la siguiente ecuación:

$$\text{C}_2\text{H}_4 \text{ (ppm)} = 2.0768 + 0.0649 (X)$$

Donde:

C_2H_4 = Concentración de C_2H_4 en partes por millón (ppm)

X = Area obtenida bajo la curva, para cada muestra inyectada

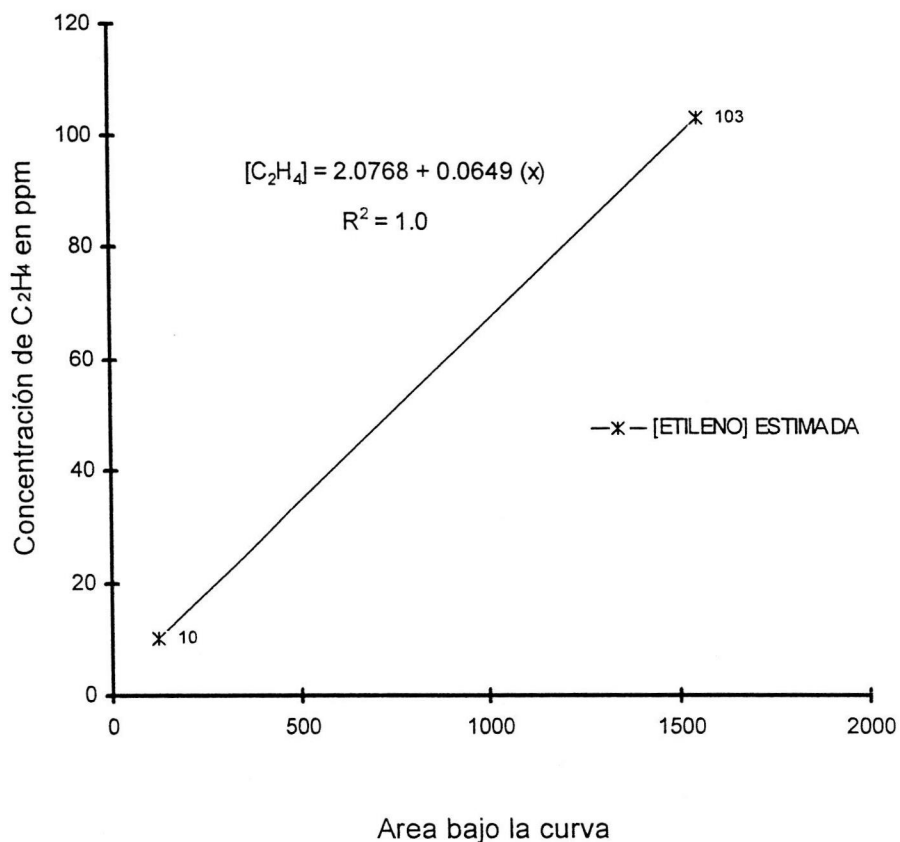


Figura 5. Curva de calibración para etileno.

3.5. Análisis de resultados.

Una vez ordenados los datos de las diferentes variables de respuesta evaluadas en el experimento, se procedió a realizar el análisis de la información y discusión de resultados con la ayuda de un análisis estadístico, el cual se hizo

con el paquete Statistical Analysis System (SAS) (Rebolledo, 1997). El análisis estadístico se realizó con base en el modelo del diseño experimental completamente al azar en arreglo factorial 3x2 (tres diferentes niveles del factor tipo de empaque y dos niveles del factor temperatura de frigoconservación), para obtener 6 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, cada unidad de empaque (de cualquiera de los tres tipos) conteniendo de 24-25 frutos constituyó la unidad experimental ó repetición, teniéndose un total de 24 unidades experimentales. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Toda la herramienta de análisis estadístico mencionada fue aplicada para las variables de respuesta ya mencionadas y descritas, excepto para las variables patrón de respiración y producción de etileno.

A continuación se muestra el modelo lineal correspondiente al diseño mencionado:

$$Y_{ij} = \mu + A_k + B_l + AB_{kl} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación del tratamiento i-ésimo, con la repetición j- ésima.

μ = Media general del experimento.

A_k = Efecto del tipo de empaque k-ésimo.

B_l = Efecto de la temperatura de frigoconservación l-ésimo.

AB_{kl} = Interacción de los efectos tipo de empaque x temperatura de frigoconservación.

E_{ijk} = Error experimental de la observación.

k = 1, 2 y 3 tipos de empaque

l = 1 y 2 temperaturas de frigoconservación

kl = 3 x 2 = 6 tratamientos

j = 4 repeticiones

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Variables de respuesta en las frutas de referencia.

En el cuadro siguiente se encuentran los resultados de los cambios presentados por las frutas de referencia, después de estar cinco días expuestos al ambiente natural.

Cuadro 4. Principales cambios postcosecha de las frutas de pitaya almacenadas bajo condiciones ambientales (aproximadamente a 20 °C y humedad relativa del 45 a 50 %).

Variables de respuesta	Períodos de tiempo (horas) después de corte a temperatura ambiente	
	30	118
	(Al día inicial)	(A los 5 días)
Color externo de la cáscara del fruto:		
a) Angulo de tono en color (<i>Hue</i>)	38.56° Anaranjamiento ⇨	39.96°
b) Pureza del color (<i>Chroma</i>)	8.26	9.02
c) Brillantez "L Hunter"	28.54	28.15
d) Cambio de color (ΔE)	—	1.77
Firmeza (penetración en mm)	15.92 Ablandamiento ⇨	22.08
Sólidos solubles totales (°Brix)	8.17	10.80
Potencial de Hidrógeno (pH)	4.20	4.69
Frutas dañadas (%)	—	32.83
Pérdida de peso (%)	—	11.50

Estos datos aunque no entran en el análisis estadístico, como se indicó en materiales y métodos, sirven como referencia para la discusión de cada variable de respuesta.

Como se observa en el cuadro anterior todas las variables evaluadas sufrieron cambios. Para la variable color externo de la cáscara del fruto: el ángulo de tono (*Hue*) de color de la cáscara de la fruta aumentó pasando de una tonalidad roja a una anaranjada, debido posiblemente a la degradación, síntesis ó reacomodo de la estructura molecular de pigmentos hidrosolubles como las antocianinas y las betalaínas, que son los responsables de los colores anaranjado, escarlata púrpura, violeta ó azul (Piattelli, 1981; citado por Cano, 1987). Las betalaínas son una mezcla de pigmentos vacuolares nitrogenados hidrosolubles de color rojo violeta llamadas betacianinas, y amarillos llamados betaxantinas (Badui, 1981; citado por Cano, 1987), muy parecidos a las antocianinas y flavonoides (Clydesdale y Francis, 1976; citados por Cano, 1987). La pureza del color (*Chroma*) presentó un ligero aumento, esto indica que el color se acentuó un poco más. La brillantez ("L Hunter") tendió a disminuir muy ligeramente. Hubo un cambio del color de la cáscara (ΔE), superior al presentado por los frutos que estuvieron bajo cualquiera de los tratamientos. Por lo anterior, se deduce que a dicho cambio contribuyeron principalmente tanto el cambio de *Hue*, como el cambio de *Chroma* y no tanto el cambio de brillantez ("L Hunter").

En lo que respecta a la variable firmeza de la pulpa, se encontró que ésta disminuyó (al aumentar la distancia de penetración del puntal cónico en pulpa, con un incremento promedio de 1.23 mm por día). Este ablandamiento de la fruta es causado, por la descomposición de la protopectina insoluble en pectina soluble a nivel de lámina media ó por hidrólisis del almidón (Pantastico, 1975), como resultado de los cambios en la estructura y metabolismo de los frutos (Rhodes, 1980). Como la pitaya es una fruta no climatérica, en cuyo caso no acumula almidón como reserva, lo más probable es que la pérdida de firmeza se deba principalmente a la primera causa, en donde las enzimas pectinasas (pectin metil esterasa y/o poligalacturonasa), están íntimamente involucradas (Corrales, comunicación personal).

Los sólidos solubles totales (SST) aumentaron en el jugo en la fruta, este aumento para el caso de la pitaya (fruta no-climatérica), no puede ser atribuido al aumento en el contenido de azúcares, sino más bien a un efecto de la concentración de éstos por la transpiración (pérdida de agua en forma de vapor) de las frutas. Este aumento de SST se aproximó a lo reportado por Pimienta y Nobel (1994) quienes encontraron en varias variedades de *Stenocereus queretaroensis* del Estado de Jalisco, México, que el contenido de SST fue del 10.0 ± 0.8 °Brix.

Así mismo se registró un ligero aumento de pH, lo que significa una ligera pérdida de acidez, porque durante la senescencia en frutas no climatéricas, los ácidos orgánicos son substratos respirables ó convertidos en azúcares. Ambos registros (inicial y final) de pH caen dentro del rango reportado por Pimienta y Nobel (1995), quienes encontraron que el pH en las frutas de pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) varió de 4.2 a 4.8.

Por otro lado, el alto porcentaje de frutas dañadas, que se muestra en el cuadro 4, se debió a daños mecánicos, presentados por la alta manipulación de las frutas durante la cosecha y desespinado, acentuándose los daños por golpeteo, pequeños impactos y abrasión, durante el transporte. También se debió principalmente por compresión, a causa del gran número de frutas (80 aproximadamente) acomodadas en más de 4 niveles en los canastos (empaquete regional de tamaño comercial mediano), y afectándose más las frutas depositadas en el fondo de los mismos.

La pérdida de peso acumulada aumentó considerablemente, en promedio 2.3 % por día, esto se debió a las lesiones mecánicas causadas a las frutas al desprenderles las espinas, lo que propició la evapotranspiración acelerada del producto, más aún que estuvieron expuesta al ambiente natural, con una temperatura promedio de 20 °C a 45-50 % de humedad relativa, lo cual significó

un gran déficit de presión de vapor entre el aire del ambiente y los espacios intercelulares de la fruta.

En las frutas almacenadas durante una semana en condiciones naturales, el patrón de respiración mostró una tendencia general de disminución en función del tiempo, desde un máximo de $101.4 \text{ ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ registrado al segundo día de corte, hasta un mínimo de $24.91 \text{ ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ al séptimo día después de corte (figura 6).

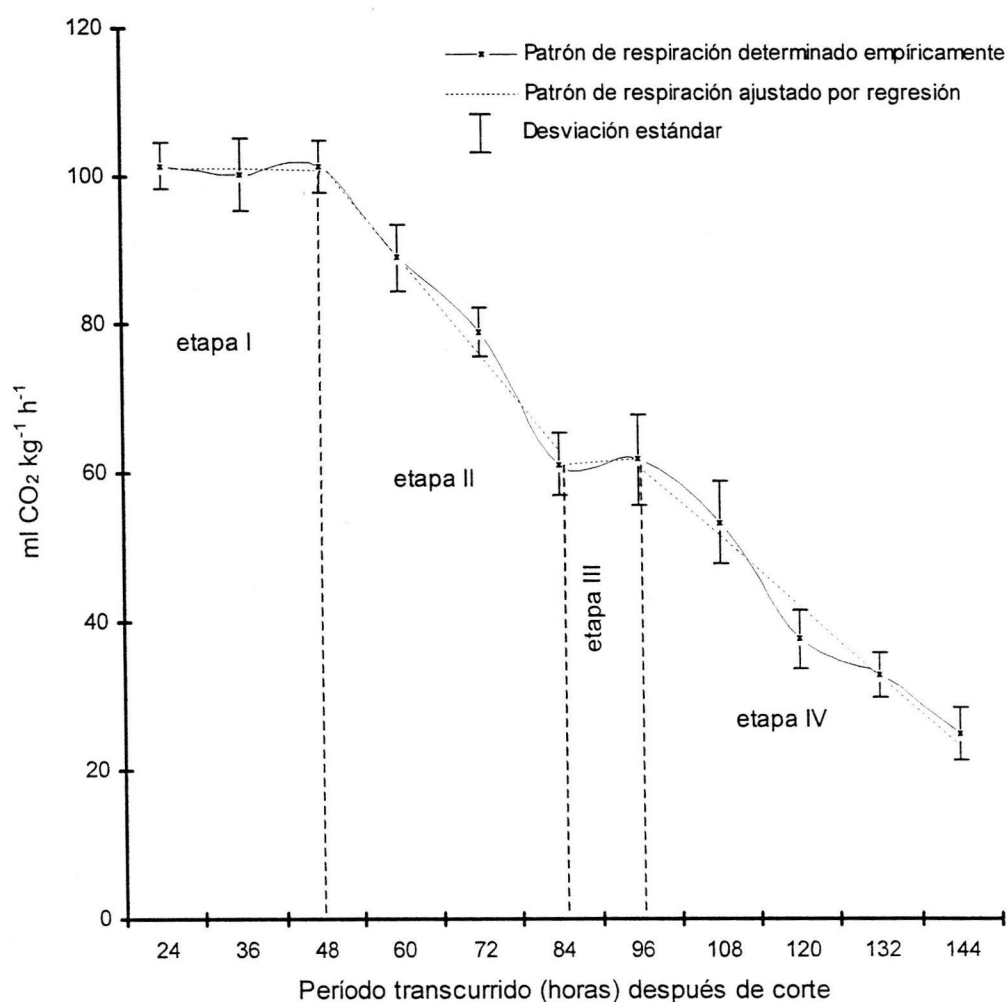


Figura 6. Patrón de respiración de las frutas de pitaya almacenadas a temperatura ambiente (aproximadamente 20 °C).

En este patrón de respiración se aprecian cuatro etapas: en las primeras 48 horas la tasa de respiración se mantiene prácticamente constante (con una pendiente mínima de la curva de regresión de -0.00833). Una segunda etapa que va desde las 48 a las 84 horas, caracterizada por una fuerte reducción (pendiente negativa) de la tasa de respiración (cuya velocidad de reducción se estimó en $1.0833 \text{ ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ por cada hora). En la tercera etapa que va de 84 a 96 horas se registró nuevamente una estabilidad en la tasa de respiración (con una mínima pendiente positiva de $0.0475 \text{ ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ por cada hora). Finalmente entre las 96 y 144 horas se registró una nueva caída en la tasa de respiración con una velocidad de reducción estimada de aproximadamente $0.7854 \text{ ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ por cada hora. Como se ve, esta última caída en la tasa de respiración no fue tan severa como la primera. La tasa de respiración fue estable en las etapas I y III, y cayó drásticamente en las etapas II y IV. El comportamiento anterior correspondió al que presentan las frutas clasificadas como no climatéricas. Este tipo de respiración y el comportamiento de la curva, coincide con el reportado por Cruz (1985) en frutas de pitaya (*Stenocereus stellatus*) almacenadas en condiciones naturales; y de manera análoga en frutas de tuna (Lakshminarayana y Estrella, 1978; Corrales *et al.*, 1997). Por otro lado, Nerd y Mizrahi (1998) reportaron que las frutas de pitaya amarilla, también conocidas como pitahaya (*Selenicereus megalanthus*), presentan un patrón de respiración no climatérico.

En cuanto a la producción de etileno, los resultados indican que en general la pitaya, se puede considerar dentro del grupo de las frutas de alta producción, de acuerdo a la clasificación de Kader (1985). La curva de producción de etileno en las frutas almacenadas durante siete días bajo condiciones naturales, mostró una tendencia general a descender en función del tiempo, hasta las 108 horas (cinco días después del corte), lo que confirma su naturaleza no climatérica. Este descenso, puede deberse a que en el momento del corte las frutas ya habían alcanzado completamente su madurez fisiológica en el órgano (se cosecharon maduras), y por ende, durante la senescencia, la producción de

etileno se mantuvo a la baja por la inactivación del sistema EFE (enzimas formadoras de etileno), que se cree está ligado a las membranas celulares, las cuales se van desintegrando durante el proceso de senescencia (Hoffman y Yang, 1980; Yu *et al.*, 1980). Luego presentó un ligero incremento debido probablemente a la actividad microbiana, de los agentes patógenos que atacaron al producto (figura 7). Por lo tanto, en este patrón de producción de etileno se aprecian dos etapas: en las primeras 108 horas (etapa I) se presentó una reducción de la tasa de producción de etileno, estimada en $0.1376 \mu\text{l C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ por cada hora. En la segunda etapa (de 108 a 144 horas), se registró un ligero incremento de la tasa de producción de etileno, con una velocidad de cambio de $0.1016 \mu\text{l C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ por cada hora.

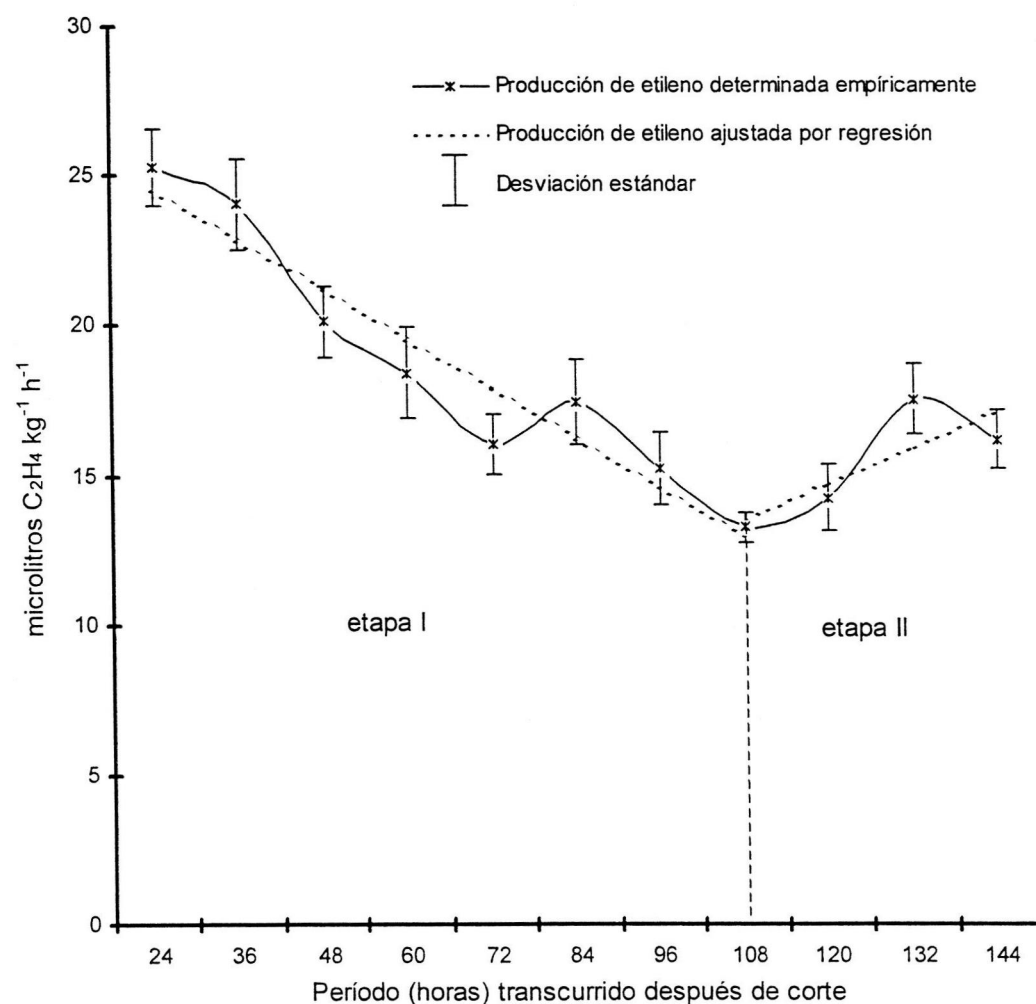


Figura 7. Producción de etileno de las frutas de pitaya almacenadas a temperatura ambiente (aproximadamente 20 °C).

4.2. Variables de respuesta de las frutas tratadas.

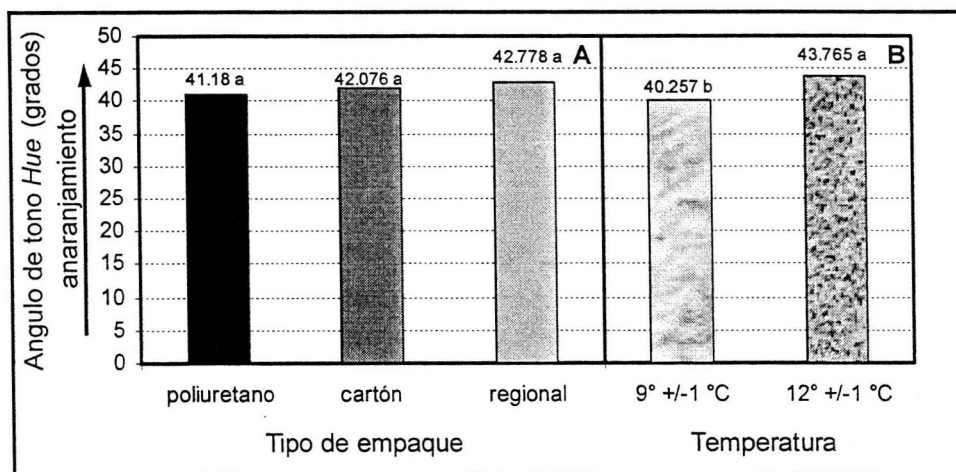
4.2.1. Color externo de la cáscara del fruto.

a) Angulo de tono (*Hue*).

Para el factor tipo de empaque (figura 8 A), globalmente (incluyendo datos de las dos temperaturas probadas) no se encontró diferencia significativa en el parámetro de color ángulo de tono (*Hue*) sobre la cáscara del fruto después de 11 días de frigoconservación. Los registros del *Hue* en cualquiera de los frutos tratados resultaron superiores al obtenido en los frutos de referencia, es decir, bajo condiciones naturales se presentó un ligero “anaranjamiento” en la epidermis de los frutos (aumento de *Hue*), pero esta manifestación de senescencia se acentuó más en cualquiera de los frutos tratados, y en todo caso el empaque que menos acentuó este efecto fue el de poliuretano, es decir se pudo observar menor “anaranjamiento” de la cáscara en estos frutos (en los cuales se registró el menor ángulo de tono), lo cual es deseable por que los frutos mantuvieron en mayor medida su color rojo original. Independientemente de los tratamientos, el incremento del ángulo de tono (“anaranjamiento”) en la superficie del fruto se debió al proceso de senescencia o posiblemente a la degradación de las betalaínas, como se mencionó anteriormente.

En lo que corresponde al factor temperatura de frigoconservación (figura 8 B), se observó diferencia entre los efectos de los niveles de este factor y esta resultó ser altamente significativa (anexo B). Se observó globalmente (independientemente del tipo de empaque) que a menor temperatura ($9^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$), hubo menor proceso de “anaranjamiento” como manifestación de senescencia (menor ángulo de tono) en la epidermis de la cáscara de la fruta. La baja temperatura disminuyó la velocidad de los procesos enzimáticos involucrados en este cambio de color (“anaranjamiento”). De acuerdo a los objetivos, este resultado es el que se esperaba, el ángulo de tono aumentó en mayor

proporción a la mayor temperatura de frigoconservación. Esto concuerda con lo demostrado por Chang-Kui *et al.* (1998) en frutos de níspero, en el cual el cambio de color se manifestó más en frutos almacenados a temperaturas más altas. En contraste con los resultados anteriormente presentados, donde la maduración y senescencia de frutas de pitaya, se caracteriza por un proceso de cambio de color que va de rojo al amarillo (pasando por un proceso de “anaranjamiento”), en tomate va de forma inversa, de verde a rojo, esto de acuerdo con Artés *et al.* (1998) quienes encontraron en frutos de tomate almacenados a 20 °C y 9 °C, durante 30 días, que el ángulo de tono (*Hue*) sobre la cáscara del fruto, fue mayor a menor temperatura. Esto indicó que a mayor temperatura el fruto incrementó más hacia el color rojo (decreciendo el ángulo de tono).



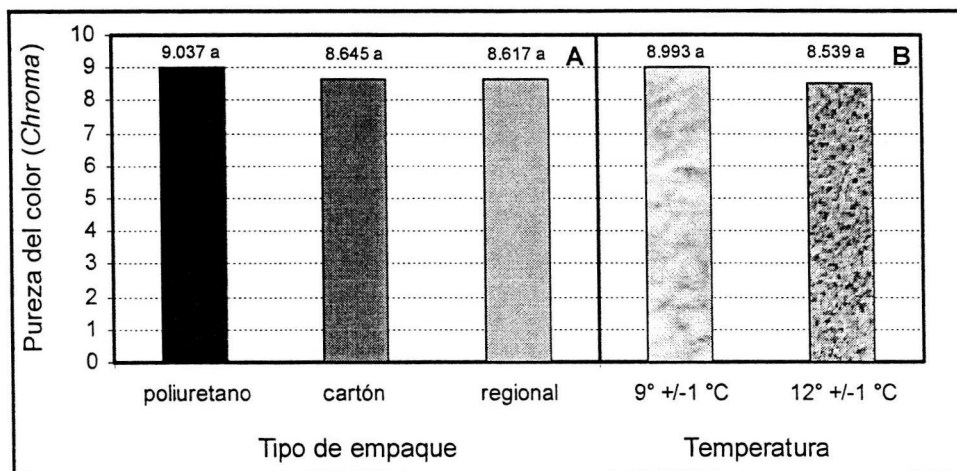
Medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.05$)

Figura 8. Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en el parámetro de color ángulo de tono (*Hue*) de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A= 3.04 y DMS para B= 2.046.

b) Pureza del color (*Chroma*).

Las frutas de pitaya, no registraron globalmente (incluyendo datos de las dos temperaturas evaluadas) diferencias estadísticas entre el efecto de los niveles del factor tipo de empaque sobre la pureza del color (*Chroma*) (figura 9 A).

Aunque, numéricamente esta variable se acentuó más en las frutas que estuvieron frigoconservadas en el tipo de empaque de poliuretano, que los otros. La poca diferencia, casi nula, entre los niveles del factor tipo de empaque se debió a que las frutas al momento del corte, ya habían alcanzado completamente su madurez fisiológica, y se cortaron teniendo un color totalmente rojo (las frutas de pitaya se almacenan y se consumen en esta tonalidad de color), a diferencia de otros frutos que se cortan de color verde y maduran en color rojo, amarillo ó naranja, para ser consumidos, por ejemplo los mangos, plátanos, tomates, duraznos, cítricos, entre otros.



Medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$)

Figura 9. Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en la pureza del color (*Chroma*) de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A= 0.6936 y DMS para B= 0.466.

Como se observa en la figura 9 B, la pureza del color (*Chroma*) en la superficie de la cáscara de las frutas, no presentó globalmente (independientemente del tipo de empaque) diferencias estadísticas por efecto de la temperatura de frigoconservación. Sin embargo, a baja temperatura el color original se mantuvo más (mayor valor en la pureza del color), lo que indicó que el color se acentuó un poco más, después de los 11 días de frigoconservación y menos acentuado a mayor temperatura de frigoconservación.

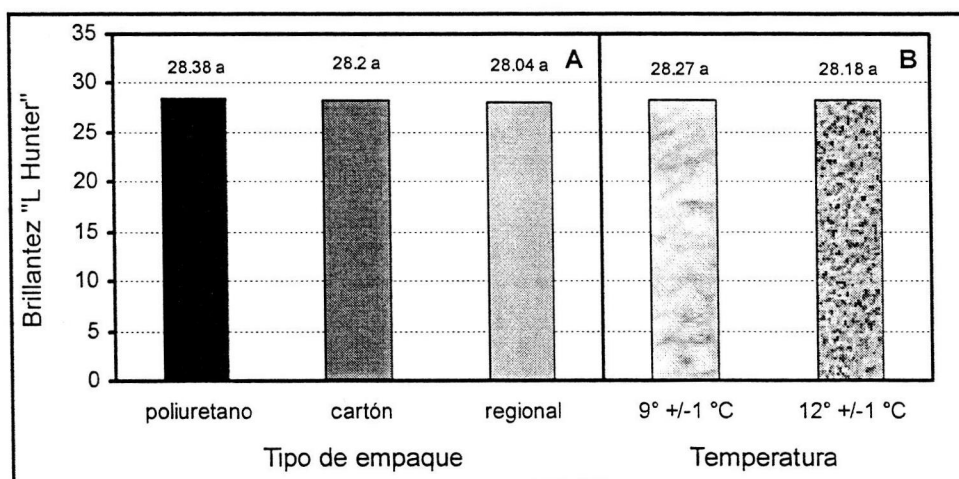
Estos resultados indicaron que las temperaturas anteriores de frigoconservación no repercutieron directamente en la pureza del color de las frutas de pitaya. Con la disminución del contenido de clorofila pueden aumentar o disminuir otros pigmentos, dependiendo de la temperatura de almacenamiento. Por ejemplo, en las batatas almacenadas a temperaturas bajas, hubo una disminución de pigmentos carotenoides totales (Ezell y Wilcox, 1952; citados por Pantastico, 1975).

En relación al proceso normal de senescencia (presentado por las frutas de referencia al aumentar el *Chroma*), el cual se observó que el color se acentuó, este efecto fue más notorio en las frutas empacadas en cajas de poliuretano, y mantenidas a la menor temperatura de frigoconservación.

c) Brillantez (“L Hunter”).

Para el factor tipo de empaque como se muestra en la figura 10 A, globalmente (considerando los datos de las dos temperaturas evaluadas) no se registró diferencia significativa en el parámetro de brillantez del color (“L Hunter”) sobre la cáscara del fruto después de 11 días de frigoconservación. Sin embargo, fue notorio observar que los frutos fueron perdiendo brillantez, pero los que estuvieron en el empaque de poliuretano conservaron mejor esta característica (mayor valor de “L Hunter”), lo cual es deseable, por que los frutos mantuvieron su color original. Esto se debió posiblemente, a que en el empaque de poliuretano los frutos no estuvieron muy expuestos, teniendo un microambiente con menor ventilación, a mayor temperatura y humedad relativa, en comparación a los que estuvieron en los otros empaques. Los frutos que se mantuvieron en el empaque regional perdieron ligeramente brillantez (menor valor de “L Hunter”) debido a que estuvieron más expuestos al ambiente de las cámaras frigoríficas (mayor ventilación), donde se presentó mayor desecación (rugosidad) en la superficie de la cáscara de las frutas, ya que el aire o la ventilación tuvo mayor efecto en éstos.

En lo que corresponde al factor temperatura de frigoconservación (figura 10 B), se observó que no hubo diferencia significativa entre los niveles de este factor. Sin embargo, numéricamente y en forma global (independientemente del tipo de empaque) a menor temperatura, se mantuvo la brillantez (mayor valor de "L Hunter") sobre la epidermis de la cáscara del fruto; perdiéndose ligeramente más brillantez a mayor temperatura de frigoconservación. De acuerdo a los objetivos, este es el resultado que se esperaba, en el sentido de que la baja temperatura retardó el proceso de senescencia (manifestado en este caso como la pérdida de la brillantez). La disminución de la brillantez se debió, probablemente a la pérdida de peso por efecto de la transpiración de los frutos, ocasionando pérdida de turgencia, que se manifestó en forma de rugosidad en la epidermis, y esto a su vez la reducción de la brillantez, como una manifestación de la senescencia.



Medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.05$)

Figura 10. Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en la brillantez de la cáscara ("L Hunter") de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A= 0.7902 y DMS para B= 0.5311.

En el proceso normal de senescencia (presentado por las frutas de referencia), se observó que la brillantez ("L Hunter") de la cáscara de la fruta se perdió

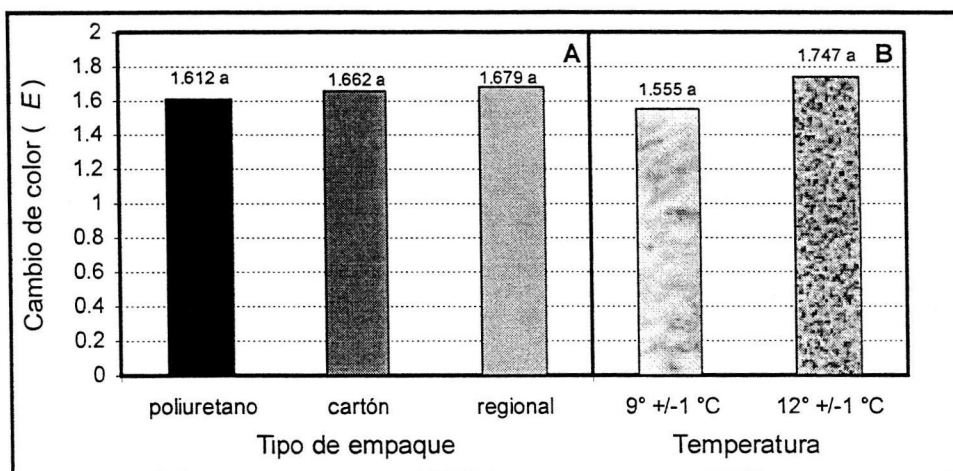
ligeramente, este efecto fue menos notorio en las frutas empacadas en las cajas de poliuretano y mantenidas a menor temperatura de frigoconservación.

d) Cambio de color (ΔE).

Para el factor tipo de empaque (figura 11 A), globalmente (considerando los datos de las dos temperaturas evaluadas) no se encontró diferencia significativa en el cambio de color de la cáscara del fruto después de 11 días de frigoconservación, pero se pudo observar de acuerdo a los datos, que los frutos empacados en material de polierutano mostraron ligeramente mejores resultados (menor valor de ΔE) que los otros tipos de empaque, esto se debió principalmente al cambio de *Hue* y *Chroma*, y no tanto a la disminución de la brillantez. Wills *et al.* (1980) menciona que la pérdida de color es consecuencia de la degradación de la clorofila. Causas primordiales de esta degradación son los cambios de pH, el desarrollo de procesos oxidativos y la acción de clorofilasas. La desaparición de la clorofila va asociada a la síntesis de pigmentos tales como antocianinas, xantofilas, carotenos, betalainas los cuales oscilan entre el amarillo y el rojo. Como se mencionó anteriormente las antocianinas y las betalainas son los responsables de los colores anaranjados, escarlata, púrpura, violeta y azul (Piattelli, 1981; mencionado por Cano, 1987).

Para el caso del factor temperatura de frigoconservación (figura 11 B), se observó globalmente (independientemente del tipo de empaque) que no hubo diferencia significativa entre los niveles de este factor, lo cual quiere decir que los niveles de temperatura aplicados no afectaron contundentemente los cambios de color de los frutos. Pero los frutos almacenados a la menor temperatura, como se esperaba, presentaron un cambio de color ligeramente menor al de los frutos almacenados a mayor temperatura. De manera análoga, el mismo comportamiento lo encontró Oosthuyse (1994) en frutos de mango cv. Zill, almacenados en frigoconservación durante 4 semanas, la coloración de la cáscara se incrementó en un 45.8 % en frutos almacenados a 12 °C y en un 4.2

% en frutos almacenados a 8 °C. Por otro lado, también de manera análoga Nerd y Mizrahi (1998) en frutas de pitaya, conocida también como pitahaya (*Selenocereus megalanthus*) almacenadas a 10° y 20 °C con un 60-70 % de humedad relativa durante 4 semanas, encontraron que el grado de color de la piel, cambia más en las frutas almacenadas a mayor temperatura (3.7 ± 0.1), que en las frutas almacenadas a menor temperatura (1.3 ± 0.2); en las cuales hubo un ligero cambio de color, durante el tiempo de frigoconservación.



Medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha = 0,05$)

Figura 11. Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en el cambio de color de la cáscara (ΔE) de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A= 0.3114 y DMS para B= 0.2093.

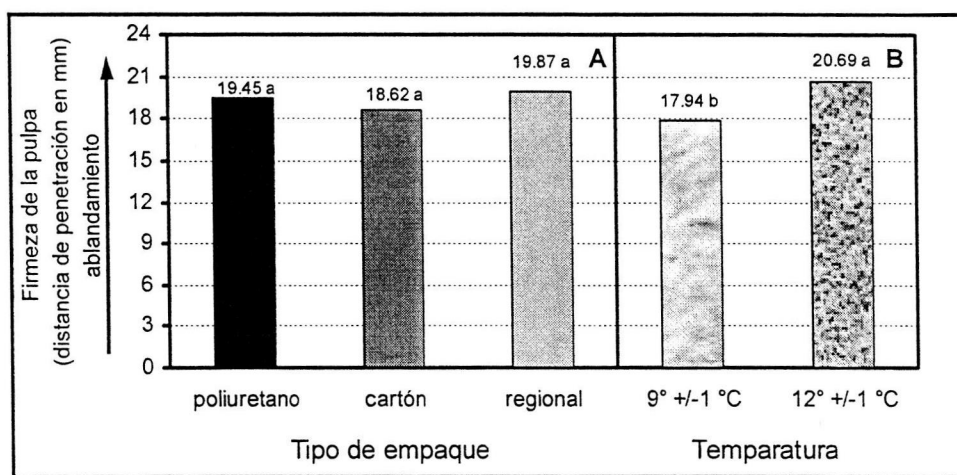
Los registros del cambio de color (ΔE) en cualquiera de las frutas tratadas resultaron menores a los obtenidos en las frutas de referencia, es decir bajo condiciones naturales, se presentó mayor cambio de color, como una manifestación de senescencia. Este efecto fue menos notorio en las frutas empacadas en las cajas de poliuretano y mantenidas a la menor temperatura de frigoconservación, siendo lo más deseable.

4.2.2. Firmeza de la pulpa

La firmeza, constituye uno de los parámetros para la evaluación del grado de madurez y calidad de los frutos (Morris *et al.*, 1980). En la figura 12 A, se presentan los resultados de la firmeza de la pulpa de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación, en relación al efecto del tipo de embalaje. Para este factor, se observó globalmente (considerando los datos de las dos temperaturas evaluadas) que no hubo diferencia significativa entre los niveles de estudio. Sin embargo, las frutas conservaron mejor firmeza empacadas en el material de cartón, al presentarse en éstas la menor distancia de penetración del puntal cónico en la pulpa, que las que estuvieron en los otros embalajes. Este cambio de firmeza pudo deberse a las siguientes razones: *i*) liberación de enzimas al cambiar la permeabilidad de la membrana, *ii*) síntesis *de novo* de pectinasas, celulasas, que degradan a la protopectina, constituyente de las paredes celulares, ocasionando una disminución en la consistencia de las frutas ó *iii*) a la acción de enzimas previamente sintetizadas (Bidwell, 1979). El total de sustancias pécticas aumenta en el curso del desarrollo del fruto, a medida que este madura, el contenido de pectatos y pectinatos solubles aumentan, mientras que disminuye el contenido total de sustancias pécticas. Esta tendencia se encontró en los frutos de cítricos (Sinclair y Joliffe, 1961; citados por Pantastico, 1975), fresas y mango (Neal, 1965; citado por Pantastico, 1975). Por otro lado, Ben-Yeshoshua (1985) encontró una correlación entre pérdidas de peso, cambio de textura en los tejidos y pérdida de la integridad de las membranas celulares; todo lo cual estaría relacionado con las condiciones de almacenamiento.

En lo que concierne al factor temperatura de frigoconservación (figura 12 B), sí se encontró diferencia entre los niveles de este factor, y ésta resultó ser altamente significativa (anexo A). Se encontró globalmente (independientemente del tipo de empaque), que las frutas frigoconservadas a la menor temperatura mantuvieron su firmeza y por esto presentaron menor

distancia de penetración del puntal cónico del texturómetro en la pulpa, que las que estuvieron frigoconservadas a la mayor temperatura. Esto fue ocasionado en parte probablemente por la pérdida de humedad debido a la temperatura. Esto fue ocasionado probablemente porque en las frutas, la baja temperatura influyó en la menor degradación de los polímeros de pectina (componente de la lámina media de las células vegetales), de celulosas, de hemicelulosas y de otras pectinas (componentes de la pared primaria y secundaria de las células vegetales) (Conn y Stumpf, 1980). El ablandamiento de las frutas, también es causado ya sea por la descomposición de la protopectina insoluble en pectina soluble ó por hidrólisis del almidón ó de grasas, sino se registra maduración ó senescencia en el almacén, los cambios de las sustancias pécticas son mínimos. En otras palabras, el ablandamiento se debe a un aflojamiento de la estructura celulósica fibrilar, dependiendo del grado de solubilidad de las sustancias pécticas y hemicelulósicas incrustadas que se encuentran entre las microfibrillas (Pantastico, 1975).



Medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$)

Figura 12. Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en la firmeza de la pulpa de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A= 2.22 y DMS para B= 1.49.

El mismo comportamiento encontraron, Lederman *et al.* (1997) en frutos de mango, sometidos a temperaturas de frigoconservación de 2°, 5°, 14° y 20 °C, durante cuatro semanas, observaron que los frutos almacenados a

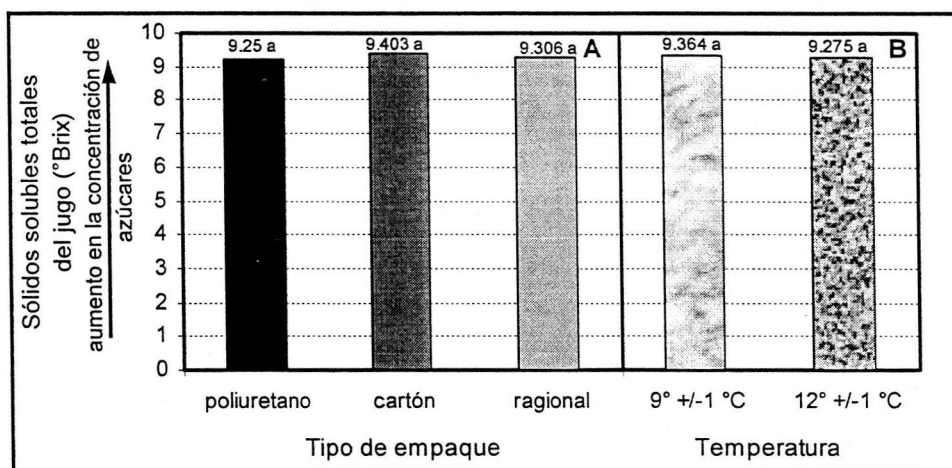
temperaturas bajas permanecieron con buena firmeza, en comparación a los almacenados a temperaturas más altas. Por otro lado, Centurión *et al.* (1999) encontraron menor actividad pectinesterásica (unidades de pectinmetil esterasa) en frutas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) frigoconservadas a 4 °C, y mayor actividad enzimática (menor firmeza) en las frigoconservadas a 13 °C, después de 8 días de almacenamiento. De igual manera el mismo comportamiento de mejor firmeza de la fruta a menor temperatura de frigoconservación encontraron Martínez-Soto *et al.* (1999) en frutas de tuna y Kim-Sung-Bok *et al.* (1998) en frutas de pera. Esto confirma lo que mencionaron Wills *et al.* (1980) de que la reducción de la temperatura, se traduce en un descenso de la velocidad que cambia cualquier parámetro, como es el caso de la firmeza.

Los registros de la pérdida de firmeza en cualquiera de las frutas tratadas resultaron menores, a los obtenidos en las frutas de referencia, es decir, bajo condiciones naturales se presentó mayor pérdida de firmeza. Este efecto fue menor en las frutas empacadas en las cajas de cartón, y mantenidas a la menor temperatura de frigoconservación, siendo lo más deseable.

4.2.3. Sólidos solubles totales del jugo.

En el contenido de SST (°Brix) en el jugo de la fruta, se observó globalmente (incluyendo los datos de las dos temperaturas evaluadas) que no hubo diferencia significativa por efecto de los niveles del factor tipo de empaque (figura 13 A). El contenido de SST estuvo alrededor de 9.32 ± 0.075 en las frutas, esta información se aproximó a lo reportado por Pimienta y Nobel (1994), anteriormente mencionado. Por otro lado, Cruz (1985) reportó que el contenido de °Brix en el jugo del fruto de *Stenocereus stellatus* presentó un incremento conforme este avanzó en su etapa de desarrollo. Análogamente en las frutas de uva (fruta no-climatérica), se observó que a medida que avanzó la maduración, los SST aumentaron (Kliwer, 1965). Se ha establecido en frutos

climáticos que el aumento de SST está relacionado con una disminución en el contenido de almidón, el cual se metaboliza hasta formar azúcares solubles (Hulme, 1974), para el caso de la pitaya, que es una fruta no climática, como se mencionó anteriormente únicamente hay un aumento en la concentración de azúcares, y este efecto se debe a la pérdida de agua en forma de vapor.



Medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.05$)

Figura 13. Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en el contenido de sólidos solubles totales en el jugo de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A= 0.5669 y DMS para B= 0.3810.

En lo que respecta al factor temperatura de frigoconservación, para la variable contenido de SST en el jugo de las frutas, en estas no se encontraron globalmente (independientemente del tipo de empaque) diferencias significativas (figura 13 B). Pero se detectó, que a menor temperatura, las frutas aumentaron ligeramente su contenido de SST (mayor dulzor), en comparación a las que estuvieron tratadas a la mayor temperatura de frigoconservación. Resultados similares se encontraron en las frutas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) frigoconservadas a 4 ° y 13 °C, después de 8 días de almacenamiento (Centurión *et al.*, 1999); Nerd y Mizrahi (1999) señalaron en las frutas de pitaya amarilla, conocidas también como pitahayas (*Selenocereus megalanthus*) almacenadas a 20 ° y 10 °C, que el contenido de SST no varió (16.5 ± 1.5) en

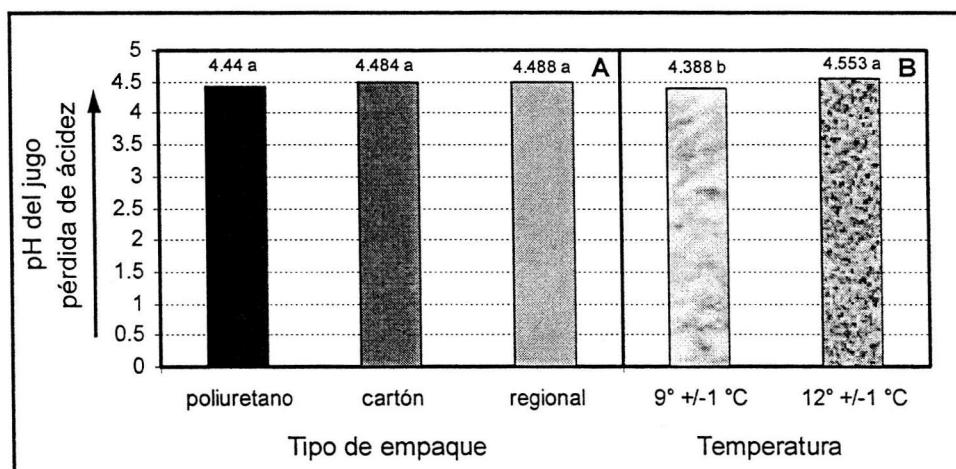
ambas temperaturas. Por otro lado, en frutas de tuna frigoservadas a 10°, 15° y 25 °C, durante dos meses, el contenido de °Brix en estas fueron muy similares (Mártínez-Soto *et al.*, 1999).

En el presente trabajo el contenido de SST en el jugo de los frutos tratados, resultaron menores (menor contenido de °Brix) en relación al obtenido en los frutos de referencia, porque estos últimos estuvieron a una humedad relativa baja y se deshidrataron más, y por lo tanto se concentraron más los °Brix, es decir bajo condiciones naturales de almacenamiento se presentó mayor aumento de SST (°Brix). Este efecto fue mejor (mayor contenido de °Brix), en los frutos mantenidos a la menor temperatura de frigoconservación y almacenados en cualquier tipo de material de empaque, siendo este resultado lo más deseable, por ser frutos no climatéricos.

4.2.4. Potencial Hidrógeno del jugo.

En lo que se refiere a la variable respuesta pH del jugo de la fruta, se encontró globalmente (considerando los datos de las dos temperaturas evaluadas) que no hubo efecto debido al factor tipo de empaque utilizado, ya que no se registró diferencia significativa, entre los niveles evaluados de este factor (figura 14 A). Se observó que el pH del jugo de las frutas fue de alrededor de 4.46 ± 0.02 , entre los niveles de estudio, y esta fue menor en las que estuvieron en el empaque de poliuretano, lo cual es lo deseable, por que se mantienen los atributos de calidad de las frutas, como una menor manifestación de senescencia. Este dato coincide dentro del rango reportado por Pimienta y Nobel (1995), anteriormente mencionado. Sin embargo, también se observó que existe un ligero aumento del pH (pérdida de acidez), con respecto al valor del día inicial de las frutas de referencia. Este comportamiento fue encontrado de igual manera por Cruz (1985) quien reportó que el pH en el jugo de la fruta de pitaya (*Stenocereus stellatus*) presentó un ligero aumento conforme ésta avanzó en su etapa de desarrollo. Esta tendencia también concuerda con lo

reportado por Modi y Reddy (1967) durante la maduración del mango. Este cambio de debió posiblemente a que durante la maduración ó senescencia, los ácidos orgánicos son respirados ó convertidos en azúcares. Los ácidos pueden ser considerados como una reserva energética más de la fruta, siendo por consiguiente de esperar que su contenido decline en el periodo de actividad metabólica durante el curso de maduración o senescencia (Wills *et al.*, 1980).



Medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$)

Figura 14. Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en el contenido de pH en el jugo de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A= 0.1554 y DMS para B= 0.1045.

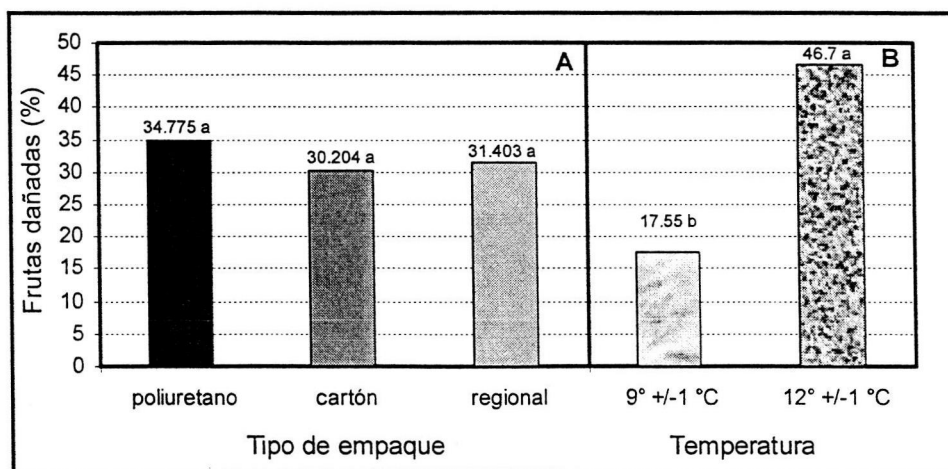
Para el caso del factor temperatura de frigoconservación, en la figura 14 B se observan los resultados obtenidos. En general globalmente (independientemente del tipo de empaque) existió diferencia altamente significativa, entre los niveles de estudio (anexo A), por efecto de la temperatura de frigoconservación en los frutos. Se encontró que a menor temperatura, hubo menor aumento (se conservó la acidez) del pH. Este resultado es lo deseable, ya que significa que el fruto se mantiene con un mínimo de cambios, lo cual es similar a lo encontrado por García (1997), quien demostró que los menores cambios de pH de los nopales, se obtuvieron a baja temperatura de almacenamiento. En el mismo sentido, Centurión *et al.* (1999) determinaron

menor valor de pH (se conservó la acidez) en frutas de pitahaya (*Hylocereus undatus*) a menor temperatura de frigoconservación (4 °C), y mayor valor de pH (pérdida de acidez) en las frutas frigoconservadas a 13 °C, después de 8 días de almacenamiento. Por otro lado, en frutas de tuna frigoconservadas a 10°, 15° y 25 °C durante dos meses, el pH del jugo registró un mejor comportamiento a menor temperatura de frigoconservación (Martínez-Soto *et al.*, 1999).

La tendencia a la alza de los registros de pH encontrados (pérdida de acidez), se notó más en las frutas de referencia, en comparación a cualquiera de las frutas tratadas, es decir bajo condiciones naturales se presentó mayor pérdida de acidez. Este efecto fue menos notorio en las frutas empacadas en las cajas de poliuretano y mantenidas a la menor temperatura de frigoconservación, siendo lo más deseable, como una menor manifestación del retardo de la senescencia.

4.2.5. Frutas dañadas.

En la variable porcentaje de frutas dañadas, no se encontró globalmente (tomando en cuenta los datos de las dos temperaturas evaluadas) diferencia significativa por efecto del tipo de empaque (figura 15 A). Aunque, en el embalaje de poliuretano se presentó un mayor porcentaje de frutas dañadas, debido a que en éstas, el microambiente dentro del embalaje fue más húmedo, porque las frutas estuvieron menos expuestas (empaque más cerrado con menor ventilación) al ambiente de frigoconservación, lo que favoreció un mayor desarrollo de hongos. En donde se presentaron menos daños, fueron en las frutas almacenadas en los embalajes de cartón. Como se había mencionado anteriormente, el daño observado se caracterizó principalmente por lesiones, deformaciones, ondulaciones ó depresiones y pudriciones causadas por hongo en las frutas.



Medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.05$)

Figura 15. Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en el porcentaje de frutas dañadas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A= 15.53 y DMS para B= 10.44.

Como las frutas se depositaron a un solo nivel en el empaque, puede atribuirse que el daño mecánico presentado fue por golpeteo (golpe frecuente y continuo), pequeños impactos y abrasión durante el transporte, y esto fue más notorio para las frutas almacenadas en los empaques de poliuretano, porque estas estuvieron menos inmobilizadas (empaque con mayor dimensión). Sin embargo, en las frutas cuando se les desprenden las espigas, las heridas quedaron expuestas, favoreciendo la penetración del patógeno, manifestándose éste al germinar y desarrollar sus esporas durante el almacenamiento, por las condiciones favorables (alta humedad relativa). Los daños mecánicos como abrasiones, magulladuras, etc., facilitaron la entrada del patógeno (Aragón, 1992). Se realizó mediante la técnica de tinción con lactofenol, la identificación del patógeno y se determinó la presencia de *Aspergillus* spp. Este hongo se encuentra en el ambiente y se desarrolla cuando encuentra las condiciones favorables, principalmente heridas en la fruta y alta humedad relativa. Las cámaras frigoríficas se desinfectaron previamente con hipoclorito de sodio, por lo tanto, el patógeno entro a las cámaras en el momento que estas se habrían

para controlar la humedad relativa y registrar la temperatura. Harding y Savage (1964) encontraron que las cajas ventiladas responden favorablemente para el control de patógenos y microorganismos.

En lo que concierne al factor temperatura de frigoconservación en la figura 15 B, se observan los resultados para la variable porcentaje de frutas dañadas. Después de la frigoconservación se encontró globalmente (independientemente del tipo de empaque) diferencia altamente significativa en las frutas evaluadas, por efecto de la temperatura. Se determinó que ésta influyó directamente sobre el producto, ya que cuando se manejaron frutas de pitaya almacenadas durante 11 días a una temperatura de $12^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, éstas presentaron un alto porcentaje de daños por patógenos y pudriciones (46.7 %), mientras que a temperatura de $9^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, se manifestó un menor porcentaje (17.55 %) de estos daños. Esto se debió, a que durante todo el proceso de senescencia de las frutas frigoconservadas a alta temperatura favoreció la penetración, germinación y desarrollo de las esporas del patógeno, y la baja temperatura atrasó el desarrollo de estos. Análogamente, Bautista *et al.* (1995) inoculando frutos de kiwi con *Botrytis cinerea*, reportaron que el porcentaje de frutos infectados fue menor a 10°C , y mayor a 20° , durante doce semanas de almacenamiento en frigoconservación.

Lizana y Espina (1991) en frutos de tomate (*Physalis* spp.) reportaron que la mayor infección causada por hongos, aumenta proporcionalmente conforme se incrementa la temperatura y tiempo de almacenamiento. Por otro lado, Nerd y Mizrahi (1999) encontraron en frutas de pitaya amarilla, también conocida como pitahaya (*Selenicereus megalanthus*), que estas sufrieron infecciones en la base, causadas por hongo, siendo estas mayores en un 22 % en las frutas almacenadas a 20°C , y menores en un 17 % para las frutas frigoconservadas a 10°C , con una humedad relativa de 60-70 % para ambas temperaturas. La infección causada por hongos en frutas de pitaya roja (*Hylocereus undatus*) frigoconservadas a la mayor temperatura, también fue reportada por Barbeau

(1990). Por otro lado, Pantastico (1975) mencionó que el almacenamiento a baja temperatura, es el método más efectivo y útil para retardar el desarrollo de pudriciones durante la postrecolección en frutas y hortalizas con infecciones profundas, manteniendo la resistencia del hospedante al parasitismo, y retardando el crecimiento de los microorganismos patógenos.

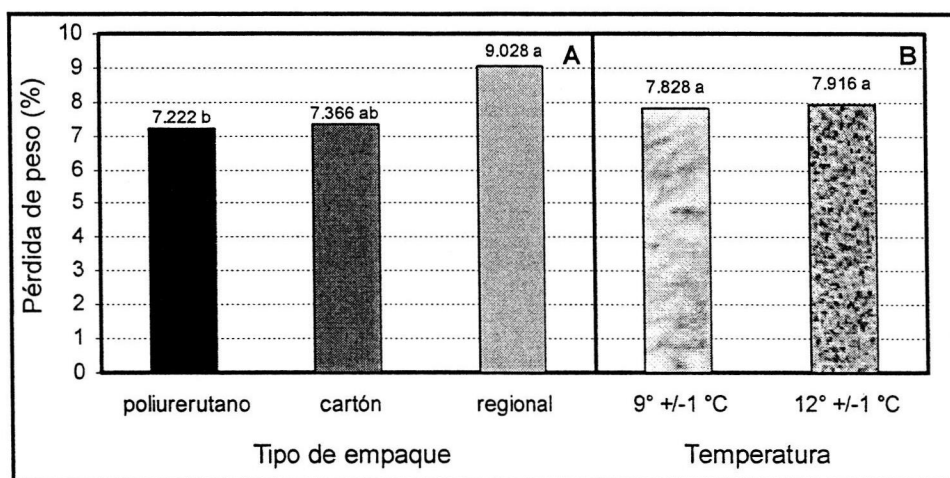
Los registros del porcentaje de frutas dañadas, obtenidos al quinto día en las de referencia, fueron globalmente (incluyendo datos de las dos temperaturas evaluadas) casi similar a las frutas afectadas por el tipo de empaque.

En las frutas de referencia, el porcentaje de daños fue mayor en comparación a las que estuvieron frigoconservadas a la menor temperatura ($9^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$), pero menor a las que estuvieron a la mayor temperatura ($12^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$). Este efecto (porcentaje de frutas dañadas), fue menor en las frutas empacadas en las cajas de cartón y mantenidas a la menor temperatura de frigoconservación.

4.2.6. Pérdida de peso.

En la figura 16 A, se muestra la pérdida de peso de las frutas por efecto del factor tipo de empaque, se observó globalmente (incluyendo los datos de las dos temperaturas evaluadas) que hubo diferencia entre los niveles de este factor, y ésta resultó ser significativa, teniéndose mayor pérdida de peso en las frutas frigoconservadas en el empaque regional “chiquihuite”, debido a que las frutas estuvieron más expuestas al ambiente de frigoconservación, por el tipo de empaque en donde su microambiente estuvo con mayor ventilación y provocó un mayor proceso de transpiración de las frutas. La menor pérdida de peso se obtuvo en las frutas almacenadas en los empaques de polierutano, esto se debió a el tipo de empaque con un microambiente más cerrado (mayor barrera física), donde se conservó mejor la humedad relativa, con la menor ventilación (menor proceso de transpiración de los frutos). La transpiración es la pérdida de agua en forma de vapor. Las frutas que estuvieron en el material de

cartón, la pérdida de peso fue estadísticamente igual a las que estuvieron en los otros dos tipos de empaque, pero numéricamente son más similares, a las que estuvieron en el empaque de poliuretano. Parte de la pérdida de peso se debió a la pérdida de carbono en el proceso de respiración y transpiración de la fruta (Ezell, 1959; citado por Hardenburg, 1986).



Medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.05$)

Figura 16. Efecto del tipo de empaque (A) y temperatura de frigoconservación (B), en la pérdida de peso de las frutas de pitaya, después de 11 días de frigoconservación; DMS para A= 1.67 y DMS para B= 1.12.

En lo que se refiere al factor temperatura de frigoconservación, no se obtuvo globalmente (independientemente del tipo de empaque) diferencia estadística entre los niveles de este factor (figura 16 B). No obstante, numéricamente se observó que las frutas de pitaya frigoconservadas a la menor temperatura, después de 11 días mostraron ligeramente menor pérdida de peso, en comparación a las que estuvieron frigoconservadas a la mayor temperatura. Este resultado en parte, se debió a que bajo las mismas condiciones de humedad relativa, el déficit de presión de vapor (DVP) fue alto a mayor temperatura de frigoconservación, y por lo tanto la mayor pérdida de peso se debió al mayor DPV. También se debió a las lesiones mecánicas (heridas expuestas al desprender las espinas) y a las lesiones de las superficies

tisulares por la acción de los procesos patológicos, lo que aceleró la transpiración (Wills *et al.*, 1980). La tendencia de menor pérdida de peso a menor temperatura, coincide con lo reportado por Centurión *et al.* (1999) quienes encontraron que en frutas de pitahaya (*Hylocereus undatus*), la mayor pérdida de peso después de los tratamientos se registraron en las frutas almacenadas a 13 °C y menor pérdida en las frutas que estuvieron almacenadas a 4 °C, después de 8 días de tratamiento. Por otro lado, en frutos de tomate, con 30 días de almacenamiento, la pérdida de peso postratamiento fue mayor en aquellos frigoconservados a la mayor temperatura, y menor en los frigoconservados a la menor temperatura (Artés *et al.*, 1998).

En este caso las frutas de pitaya tratadas, experimentaron pérdidas de peso superiores al 6 % en relación al peso inicial, lo cual es alto para producir una marcada pérdida de la calidad de muchos productos (Hrusck, 1977; citado por Hardenburg, 1986).

Los registros del porcentaje de pérdida de peso en las frutas de referencia, fue mayor en comparación a cualquiera de las frutas tratadas, es decir, bajo condiciones naturales de almacenamiento se presentó mayor porcentaje de pérdida de peso. Este efecto fue menor en las frutas empacadas en las cajas de poliuretano y de cartón, respectivamente, y mantenidas a la menor temperatura de frigoconservación.

4.2.7. Patrón de respiración.

En lo que respecta al factor tipo de empaque, globalmente (considerando los datos de las dos temperaturas evaluadas) como se observa en la figura 17, en los cuatro días que las frutas fueron transferidas al ambiente, se observó que las curvas de los patrones de respiración, tuvieron una tendencia a la alza, al incrementar ligeramente las tasas de respiración en función del tiempo, en contraste con las frutas de referencia, debido principalmente al efecto del

cambio de las condiciones de temperatura, humedad y efecto de los patógenos, como se discutirá posteriormente.

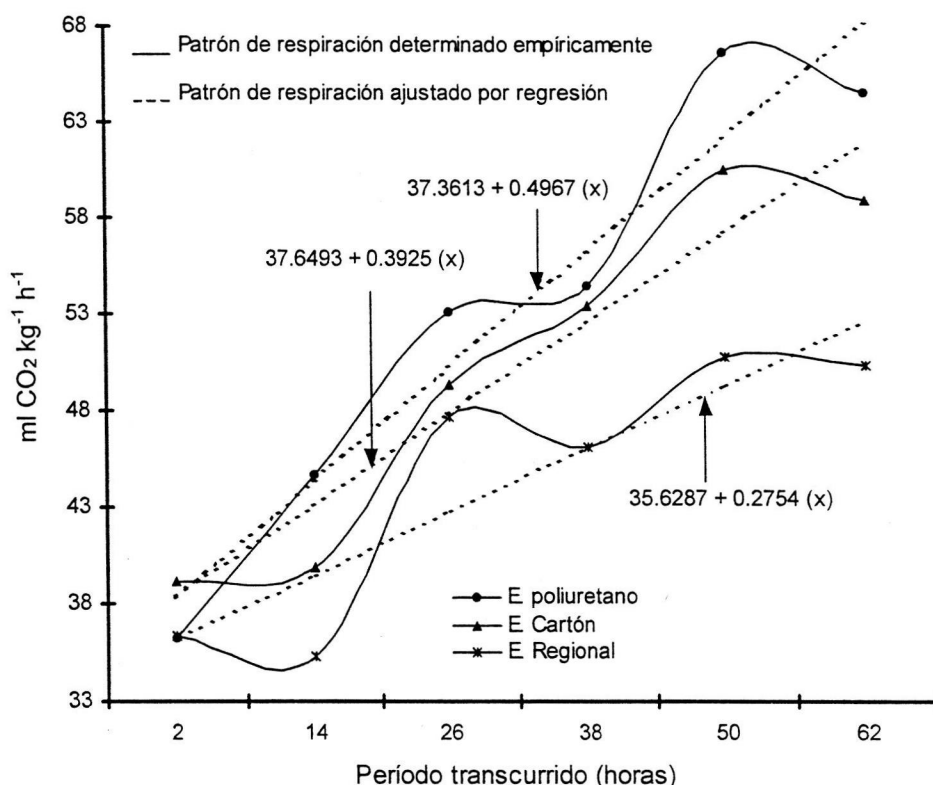


Figura 17. Patrón de respiración de las frutas de pitaya transferidas al ambiente, después de 11 días de frigoconservación: Efecto del factor tipo de empaque.

En las tasas de respiración de la curva patrón de las frutas que habían estado almacenadas en el empaque de poliuretano se presentó mayor incremento, con una mayor tendencia a la alza, en gran parte se debió a que las frutas habían estado en una microatmósfera más protegida de la ventilación de la cámara (mayor barrera física), al intercambio de gases y a la pérdida de humedad por transpiración. Por lo tanto, las frutas se mantuvieron más turgentes (menos secas), con menores gastos de sus reservas por respiración durante la frigoconservación, y al momento de transferirlas al ambiente natural, perdieron más peso, y presentaron mayor gasto de reservas por elevación de la respiración, esto debido principalmente a la suma de tres efectos: el primero

tiene que ver al estrés causado por baja temperatura y que significó la activación parcial de la síntesis de etileno hasta ACC (ácido 1 aminociclopropano -1- carboxílico), el segundo a la pérdida fuerte de humedad y el tercero a que las condiciones anteriormente mencionadas favorecieron en estos empaques la germinación y desarrollo de los hongos, manifestándose estos aun más al momento de transferir las frutas al ambiente natural.

En las frutas que habían estado almacenadas en el material de cartón, las tasas mostraron un comportamiento intermedio en el patrón de respiración, con una tendencia a la alza. Las frutas que habían estado almacenadas en el material de empaque regional (otate), las tasas de respiración representaron una curva patrón de respiración más baja, en comparación a las que habían estado en los otros empaques durante los días postratamiento, con una ligera tendencia a la alza en las tasas de producción de CO₂, debido a que las frutas habían estado en una microatmósfera menos protegida de la ventilación de la cámara (menor barrera física), al intercambio de gases (ventilación) y a la pérdida de humedad por transpiración, por lo tanto, las frutas se mantuvieron menos turgentes (más secas), con mayores gastos de sus reservas por respiración durante la frigoconservación, y al momento de transferirlas al ambiente natural, la pérdida de peso fue menor en comparación a las frutas que habían estado empacadas en los embalajes de poliuretano. También se debió al menor favorecimiento para la germinación y desarrollo de hongos.

En el factor temperatura de frigoconservación se observó globalmente (independientemente del tipo de empaque) que las frutas frigoconservadas mostraron un incremento en las tasas de respiración al ser transferidas al ambiente. Esta fue mayor a 12° $\pm$ 1 °C, con una tendencia a la alza en el patrón de respiración, y menor a 9° $\pm$ 1 °C, con una tendencia más estable (figura 18). Este incremento en ambas temperaturas, se debió en parte a lo mencionado por Eaks (1980) y Wang (1982), quienes señalaron que una respuesta de los

tejidos u órganos vegetales al estrés por frío, se traduce en un incremento en la velocidad de respiración.

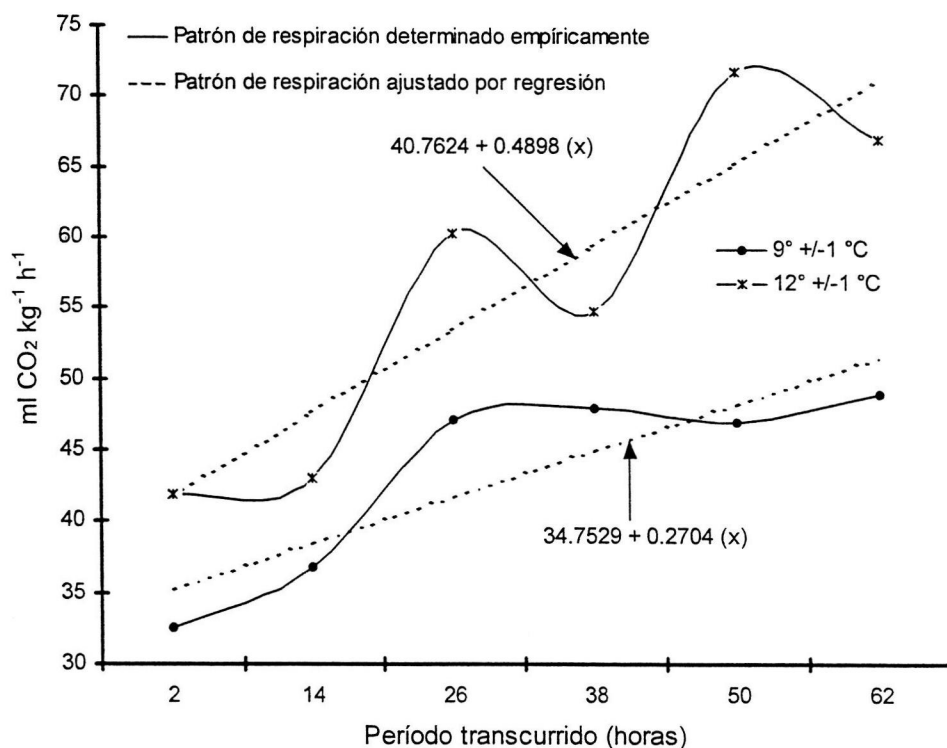


Figura 18. Patrón de respiración de las frutas de pitaya transferidas al ambiente, después de 11 días de almacenamiento en los tipos de empaque: Efecto del factor temperatura de frigoconservación.

En base a nuestros objetivos, el mejor tratamiento fueron las frutas que estuvieron frigoconservadas a la menor temperatura, por la menor producción de CO_2 . La disminución de la actividad respiratoria, se debió en parte a: i) una respuesta metabólica a las bajas temperaturas y/o ii) consecuencia de la alteración de la membrana mitocondrial (Purvis, 1980; Raison, 1980). También se debió a que durante la frigoconservación el déficit de presión de vapor (DPV) fue menor a menor temperatura de frigoconservación ($9^\circ \pm 1^\circ \text{C}$), y por lo tanto, menor pérdida de peso de las frutas (más turgentes). Estas al momento de transferirlas al ambiente, la pérdida de peso fue mayor, por lo que las tasas de respiración fueron más bajas, en comparación a las frutas que habían estado a

12° $\pm$ 1 °C. De igual manera se debió a la mayor actividad (mayor producción de CO₂) ocasionada por los patógenos (acelerando la respiración), ya que a mayor temperatura se presentó mayor desarrollo de estos. Por otro lado, el comportamiento respiratorio de las frutas a diferentes temperaturas, coincide con lo encontrado por Chang-Kui *et al.* (1998), en frutos de níspero (no climatéricos) almacenados a 20°, 10°, 5 ° y 0 °C, durante dos meses en el cual la respiración en ml CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, fue mayor a altas temperaturas y menor a bajas temperaturas de frigoconservación, respectivamente.

De la interacción de los factores tipo de empaque por temperatura de frigoconservación, se puede deducir que los mejores tratamientos fueron las frutas que estuvieron almacenadas en los tipos de empaque regional “material de otate” y de cartón, frigoconservadas a la menor temperatura, siendo lo más deseable, debido a que en estas, las tasas de respiración, aunque tuvieron una tendencia ligeramente a la alza en los patrones, fueron menores en comparación a los otros niveles de los factores, durante los 4 días que fueron transferidas a la temperatura ambiente. Cualquiera de las frutas tratadas fueron mejores (se redujo el proceso de senescencia), en comparación a las frutas de referencia. Debido a que después de los 11 días de frigoconservación, las frutas tratadas siguieron respirando, y en las de referencia, la respiración fue disminuyendo, como una manifestación de la senescencia.

4.2.8. Producción de etileno.

En lo que respecta al efecto del factor tipo de empaque, sobre las frutas de pitaya se observó globalmente (incluyendo los datos de las dos temperaturas evaluadas) que estas después de su frigoconservación al transferirlas al ambiente, las tasas de producción de etileno, registraron generalmente un comportamiento a la alza, en contraste con las frutas de referencia, debido principalmente al efecto del cambio de las condiciones de la temperatura, humedad y efecto de los agentes patógenos, como se discutirá posteriormente.

Las tasas en las curvas de producción de etileno, registraron un descenso en el primer día (a las 14 horas), un ligero incremento al segundo día (a las 26 horas), con tendencia a disminuir al tercer día (a las 38 horas) y volver ha aumentar al siguiente día (después de 50 horas), para las frutas que estuvieron en los empaques de cartón y regional (figura 19). De acuerdo a las tasas de producción de etileno, en los patrones se presentó menor producción en las frutas que habían estado frigoconservadas en los empaques de otate “regional”, con una tendencia casi estable; e intermedio en las que estuvieron en el empaque de cartón, con una tendencia del patrón de producción de etileno a la alza. En las frutas que estuvieron frigoconservadas en los empaques de poliuretano, se presentó la mayor producción de etileno, disminuyendo en las primeras 14 horas, aumentando a las 16 horas, disminuir ligeramente a las 38 horas, y volver a aumentar después de esta, por lo tanto la tasa de producción de etileno, registró un patrón cuya tendencia fue a la alza.

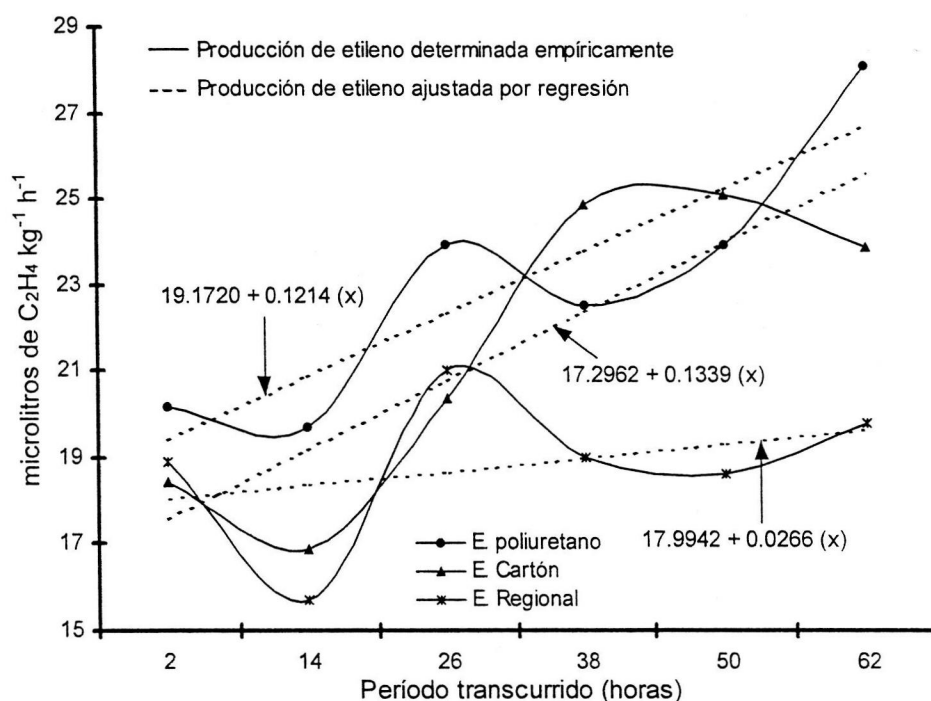


Figura 19. Producción de etileno de las frutas de pitaya transferidas al ambiente, después de 11 días de frigoconservación: Efecto del factor tipo de empaque.

La mayor producción de etileno de las frutas que habían estado frigoconservadas en el empaque de poliuretano, se debió a que durante la frigoconservación estas habían estado en una microatmósfera más protegida de la ventilación de la cámara (mayor barrera física) al intercambio de gases, y a la pérdida de humedad por transpiración. Por lo tanto, las frutas estuvieron más turgentes (menos secas), con menor agotamiento de sus reservas durante la frigoconservación, y al momento de transferirlas al ambiente natural, perdieron más peso, presentaron mayor gasto de sus reservas por elevación de la producción de etileno, esto debido principalmente al estrés ocasionado por la baja temperatura y que significó la activación parcial de la síntesis de etileno hasta ACC, de igual manera a la pérdida de humedad. También se debió al daño mecánico por vibración durante el transporte, lo cual probablemente propició a un más la activación de la enzima formadora de etileno (EFE), aumentando la permeabilidad de las membranas de las células, así como las membranas de las partículas subcelulares, haciendo con ello más accesible el sustrato de las enzimas (Pantastico, 1975). De igual manera, también se debió a que las condiciones anteriormente mencionadas favorecieron en estos empaques la germinación y desarrollo de los hongos, manifestándose estos aun más al momento de transferir las frutas al ambiente natural, acelerando la producción de etileno.

En lo que respecta al efecto del factor temperatura de frigoconservación sobre las frutas de pitaya, se observó globalmente (independientemente del tipo de empaque) que estas después de frigoconservadas, cuando se les transfiere al ambiente, las tasas de producción de etileno en las curvas presentaron una disminución en la producción durante el primer día (primeras 14 horas), una elevación a partir del segundo día (a las 26 horas), fenómeno característico que presentan las frutas que han sido sometidas al estrés de frío (Wang y Adams, 1980; Chen y Paterson, 1985; Chan *et al.*, 1985 y McCullum, 1989), reducir en el tercer día (a las 38 horas) y volver a incrementar al cuarto día. Durante esos días postratamiento, las tasas de producción de etileno en las frutas de pitaya

fueron superiores en aquellas que habían estado frigoconservadas a la mayor temperatura, comportándose el patrón de producción de etileno de manera casi estable, y menor en las que habían estado frigoconservadas a la menor temperatura, con una tendencia a la alza (figura 20).

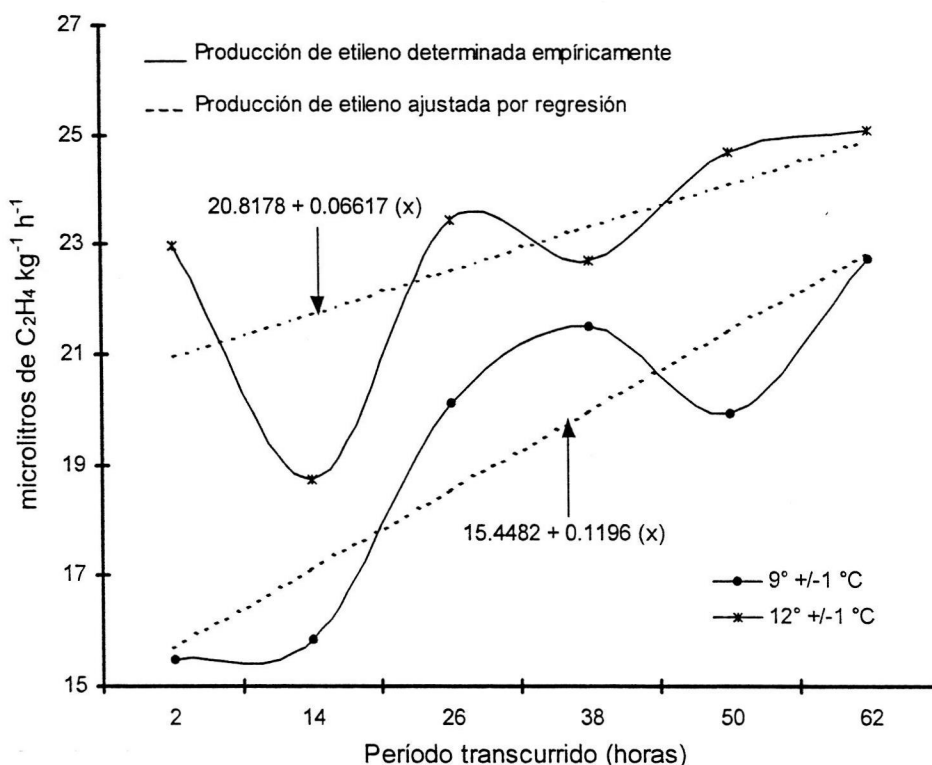


Figura 20. Producción de etileno de las frutas de pitaya transferidas al ambiente, después de 11 días de almacenamiento en los tipos de empaque: Efecto del factor temperatura de frigoconservación.

La menor producción de etileno en las frutas que habían estado frigoconservadas a la menor temperatura, se debió en gran parte a que durante la frigoconservación al bajar la temperatura se frena (Wills *et al.*, 1980) y se reduce la producción de etileno (Richardson, 1992), esto quiere decir que el DPV fue menor, registrándose la menor pérdida de peso de las frutas (más turgentes), y estas al momento de transferirlas al ambiente, la pérdida de peso fue mayor, por lo que las tasas de producción de etileno fueron más bajas, en

comparación a las frutas que habían estado a $12^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$. De igual manera, también se debió a la menor actividad ocasionada por los patógenos, ya que a menor temperatura hubo menor desarrollo y actividad de estos, y por ende menor producción de etileno. Esta respuesta a la menor temperatura, coincide con lo reportado por Chang-Kui *et al.* (1998), quienes encontraron en frutos de níspero (no climatéricos) almacenados a 20° , 10° , 5° y 0°C , durante dos meses, que la producción de etileno ($\mu\text{l kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) de los frutos fue mayor a temperaturas más altas, y menor a temperaturas más bajas de frigoconservación.

De la interacción de los factores tipo de empaque por temperatura de frigoconservación, se puede deducir que los mejores tratamiento fueron las frutas que estuvieron almacenadas en los tipos de empaque regional “material de otate” y de cartón, frigoconservadas a la menor temperatura, siendo lo más deseable, debido a que en estas, las tasas de producción de etileno aunque tuvieron una tendencia ligeramente a la alza en los patrones, fueron menores en comparación a los otros niveles de los factores, durante los 4 días que fueron transferidas a la temperatura ambiente. Cualquiera de las frutas tratadas fueron mejores (se redujo el proceso de senescencia), en comparación a las frutas de referencia. Debido a que después de los 11 días de frigoconservación, las frutas tratadas siguieron produciendo etileno, y en las de referencia, la producción de etileno fue disminuyendo, como una manifestación de la senescencia.

V. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los objetivos planteados de esta investigación y los resultados obtenidos, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. En general en las frutas de referencia y tratadas, todos los parámetros estudiados mostraron cambios durante el transcurso del almacenamiento ó senescencia. El pH y los sólidos solubles totales del jugo en el fruto aumentaron ligeramente, la firmeza de la pulpa disminuyó. Obviamente se observó una alta pérdida de peso y un alto porcentaje de frutas dañadas. La variable color externo de la cáscara presentó un aumento en el ángulo de tono (*Hue*), aumentó la pureza del color (*Chroma*), disminuyó la brillantez ("L Hunter") y hubo un ligero cambio de color (ΔE). Este último debido al cambio de *Hue* y *Chroma*.
2. Las frutas de referencia, mostraron un patrón de respiración típico de frutas no climatéricas, registrándose en las que estuvieron frigoconservadas a $9^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ la menor producción de CO_2 , y una mayor producción en las que estuvieron a $12^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, durante los días que fueron transferidas al ambiente natural.
3. Las frutas de referencia y las tratadas desprendieron una alta cantidad de etileno, durante el período de senescencia. Las frutas que estuvieron frigoconservadas a $9^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$ registraron menor producción de C_2H_4 , que las frutas que estuvieron a $12^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, durante los días que fueron transferidas al ambiente natural.
4. Los tipos de empaque no influyeron significativamente en las frutas de pitaya, según las variables estudiadas, excepto en el porcentaje de pérdida de peso. Esto quiere decir, que cualquier empaque es aceptable para la frigoconservación de las frutas, pero los canastos de otate "regional", son imprácticos para su manejo. Sin embargo, numéricamente, en general de

acuerdo a las variables evaluadas, en el material de cartón se conservaron las mejores características de las frutas (atributos de calidad).

5. Las temperaturas de frigoconservación influyeron significativamente sobre las frutas, según las variables estudiadas. Las frutas frigoconservadas a $9^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, son las que conservaron las mejores características (atributos de calidad).
6. La baja temperatura ($9^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$) influyó en algunas características de calidad de las frutas maduras, debido a que se registró lo siguiente: mayor concentración de sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$), mayor firmeza; menor pH, menor pérdida de peso y menor porcentaje de frutas dañadas; en color externo de la cáscara se presentó un menor incremento del ángulo de tono (*Hue*), mayor pureza del color (*Chroma*), se conservó más la brillantez (“L Hunter”) y menor cambio de color (ΔE). Este último fue debido al cambio de *Hue* y *Chroma*.
7. El tipo de embalaje de cartón a $9^{\circ} \pm 1^{\circ} \text{C}$, es el mejor tratamiento que ofrece el mejor potencial para prolongar la vida de anaquel de las frutas de pitaya (conservando las mejores características de calidad), ya que las variables físicas, químicas y fisiológicas evaluadas presentaron los menores cambios. Así mismo, la frigoconservación retardó la senescencia incrementando la vida útil de las frutas de pitaya, en comparación a las frutas de referencia.

VI. RECOMENDACIONES.

En trabajos de investigaciones posteriores en manejo postcosecha de las frutas de *Stenocereus queretaroensis*, se recomienda lo siguiente:

1. Realizar experimentos, con el objetivo de establecer la temperatura y humedad relativa óptima de frigoconservación.
2. Realizar tratamientos hidrotermicos sobre las frutas, para estandarizar la temperatura óptima y tiempo óptimo de tratamiento, con la finalidad de reducir la incidencia de microorganismos y patógenos durante el almacenamiento natural o en frío.
3. Estudiar el microambiente dentro de los empaques con atmósferas modificadas ó controladas, y determinar la influencia de bajos niveles de O₂ y CO₂, en el metabolismo respiratorio, la biosíntesis y acción de etileno, y cambios organolépticos en relación con los atributos de calidad.
4. Es necesario hacer varias mejoras: en el instrumento de corte, buscar el momento óptimo de corte, mejorar los recipientes y forma de empaque, y también en la industrialización ante los posibles excedentes de las frutas.

VII. LITERATURA CITADA.

Alatorre G., S. y A. Vigueras G. 1995. Evaluación de un medio de cultivo para la obtención de colorante mediante semillas de *Stenocereus queretaroensis* (Web) Bauxb. En: Resúmenes del Primer Simposium Internacional sobre Pitaya y Frutos Afines. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. pp: 12-13.

Alvarado S., L. 1978. Fisiología y bioquímica del desarrollo del fruto del nopal tunero (*Opuntia amyclaea* Tenure). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 120 pp.

Alvarez A., R. y P. Cruz H. 1985. La influencia del cladodio aislado en la conservación de la tuna (*Opuntia amyclaea* T.). Primer Congreso Nacional de Horticultura. SOMECH. Hermosillo, Sonora, Méx. 131 pp.

Andrade R., J. y E. Bernabe C. 1996. Frigoconservación de seis variedades de tuna (*Opuntia* spp.) Amarilla Montesa, Burróna, Copena, Cristalina, Picochulo y Torrija. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 78 pp.

Aragón S., N. 1992. Problemas fitopatológicos durante postcosecha y su control. En: Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas (Eds. Yahia E., M. e Higuera C., J.). Ed. LIMUSA. Hermosillo, Son, Méx. pp: 73-81.

Artés, F., F. García., J. Marquina., A. Cano and J. Fernández. 1998. Physiological of tomato fruit to cyclic intermittent temperature regimes. *Postharvest Biology and Technology*. 14(3): 283-296.

Arthey, U. D. 1975. Quality of horticultural products. Butterworth and Co. (Publishers). London, England. 228 p.

Barbeau, G. 1990. The pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique. *Fruit*. 45: 141-147.

Bautista-Banos, S., Long, P. G., Ganeshanandam, S. and Hyodo, H. 1995. Physiological changes in kiwifruit during a curing period and incidence of *Botrytis cinerea* during storage, *Acta Horticulturae*. 398: 233-240.

Bautista P., B., G. Santiago P., M. Arnaud V. y F. Hernández C. 1995. Aprovechamiento agroindustrial de los frutos de pitaya (*Stenoceresus griseus*), tunillo (*Stenocereus stellatus*) y jiotilla (*Escontria chiotilla*). En: Resúmenes del Primer Simposium Internacional sobre Pitaya y Frutos Afines. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 45.

Becerra O., L. 1994. El cultivo de la pitaya. XXXV Aniversario del Colegio de Postgraduados. Montecillos, Méx. pp: 78-85.

Ben-Yeshoshua, C. A. 1985. Individual seal-packaging of fruits and vegetables in plastic film: a new postharvest technique. *HortScience* 20 (1): 32-37.

Biale, J. B. 1960. The post-harvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. *Advances in Food Research*. 10: 293-354.

Biale, J. B. 1964. Growth, maturation and senescence in fruits. *Sci*. 146 (46): 880-888.

Bidwell, R. S. 1979. Fisiología Vegetal. A. G. T. Editor, S. A. 1ra Edición. México, D. F. pp: 451-454

Bravo H., H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México. Segunda edición. México, D.F. 98 pp.

Britton, N. L. and J. N. Rose. 1963. The Cactaceae. Description and Illustration of Plants of the Cactus Family. Dover publications, Inc., New York. USA. Vol. II. 155 pp.

Cano M., R. 1987. Estudio sobre acumulación, identificación y estabilidad de pigmentos en frutos de tuna (*Opuntia ficus-indica*) cv. Mexital. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 102 pp.

Castellón A., J. y E. Del Toro M. 1986. Fisiología y desarrollo del fruto del pitayo (*Stenocereus griseus* Haworth) y su aprovechamiento en la elaboración de mermelada. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 114 pp.

Castillo H., A. 1984. Introducción de pitaya al valle del Mezquital en el Estado de Hidalgo. Simposio: Aprovechamiento del Pitayo. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. México, D.F. 75 pp.

Centurión Y., A., S. Solís P., E. Mercado S., R. Baéz S., C. Saucedo V. y E. Duch S. 1999. Caracterización y evaluación de la conservación de pitahaya (*Hylocereus undatus*) a bajas temperaturas. En: Memoria del VIII Congreso de Horticultura. Simposium Internacional. Manzanillo, Colima, Méx. 10 pp.

Chan, T., S. Sanxter and H. M. Couey. 1985. Electrolyte leakage and ethylene production induced by chilling injury of papayas. HortSci. 20: 1070-1072.

Chang-Kui, D., Ch. Kazuo., Y. Hamazu., Y. Ueda and Y. Imahori. 1998. Effects of storage temperatures on physiology and quality of loquat fruit. Postharvest Biology and Technology. 14 (3): 309-315.

Chen, Y. Z. And B. D. Paterson. 1985. Ethylene and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid as indicators of chilling sensitivity in various plant species. J. Plant. Physiol. 12 (4): 377-385.

Chessa, E. and Barbera, G. 1984. Indagine sulla frigoconservazione dei frutti della cv. "Guialla di Ficodindia". Frutticoltura e di Ortofloricultura. 46 (8): 57-61.

Conn, E. E. y Stumpf, P. K. 1980. Bioquímica fundamental. Tercera Edición. Editorial LIMUSA, S.A. México, D.F. 632 pp.

Corrales G., J. 1992. Descripción y análisis de la cosecha y manejo en fresco de nopalito y tuna. Conocimiento y aprovechamiento del nopal. Memoria de Resúmenes del V Congreso Nacional y III Congreso Internacional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 10 pp.

Corrales G., J. 1995. Respuestas fisiológicas de frutos de aguacate a la frigoconservación en atmósferas controladas. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 146 pp.

Corrales-García, J., Andrade-Rodríguez, J. and Bernabe-Cruz, E. 1997. Response of Six Cultivars of Tuna Fruits To Cold Storage. In: Journal of the Professional Association for Cactus Development. Volume 2. Dallas, Texas, USA. pp: 160-164.

Cruz H., P. 1985. Caracterización del fruto de cuatro tipos de pitaya (*Stenocereus stellatus* Riccobono). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 87 pp.

Díaz C., J. 1995. Conocimiento del manejo, comercialización y utilización de la pitaya (*Stenocereus* spp.) en el municipio de Huetamo, Michoacán. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Mich, Méx. 80 pp.

Domínguez T., J. 1992. Efecto de la incidencia de daños por frío sobre la fisiología y calidad de frutos de tuna (*Opuntia amyclaea* T.). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Méx. 78 pp.

Dossat R., J. Principios de refrigeración. 13^a. Impresión. Ed. CECSA. México, D.F. 78 pp.

Drake S., R. 1982. The influence of mechanical harvesting on the quality of horticultural crops. HortScience. 18 (4): 406.

Durán T., S. 1983. Frigoconservación de la fruta. Edit. AEDOS. Barcelona, España. p. 134.

Eaks, I. L. 1980. Effect of chilling on respiration and volatiles of California lemon fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105: 865-869.

Fisher, R. L. and A. B. Bennett. 1991. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. Annv. Rev. Plant physiology. Plant. Mol. Biol. 42: 675-703.

Flores R., M., C. Roa M., L. Flores B., y C. Bustamante R. 1995. Producción e industrialización de la pitaya en la región de la Mixteca poblana-oaxaqueña. En: Resúmenes del Primer Simposium Internacional sobre Pitaya y Frutos Afines. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. p. 50.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3ª . edic. México, D.F. pp: 13-42.

García-Nuñez., R. 1993. Variación morfológica y bromatológica de frutos, en tres especies alimenticias del bosque tropical caducifolio. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 108 pp.

García O., P. 1997. Conservación del nopal mínimamente procesado. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 106 pp.

Gold B., D. 1970. Las cactáceas del Estado de Puebla. Cac. Suc. Méx. 15 (4): 88.

González Q., L. 1972. Las cactáceas subfósiles de Tehuacán, Puebla. Cact. Suc. Mex. 17 (1): 3-15 p.

González S., M., A. Rodríguez F., R. Báez S. y J. Higuera C. 1989. Evaluación de la calidad de la tuna blanca (*Opuntia amyclaea* T.) en almacenamiento, y efecto de recubrimiento en cera de candelilla. III Congreso Nacional de Horticultura. Oaxtepec, Morelos, Méx. p. 21.

González M., I., A. Rodríguez., R. Báez., I. Higuera., H. Soto y M. I. Silveira. 1990. Efecto del desespinado, encerado y fungisida sobre la calidad de tuna blanca (*Opuntia amyclaea* T.) y su susceptibilidad a daño por frío. Tercer Congreso Nacional, SOMECH, México. p. 45.

Gorini, F. 1989. Comportamento dei frutti nel corso de la commercializzazione. In: Dell' Istituto sperimentale per la valorizzazione tecnologica dei prodotti agricoli. Att I. Milano, Italia. pp: 185-209.

Granados S., D., A. Mercado B., G. López R., 1999. Las pitayas de México. En: Ciencia y Desarrollo (Revista científica). No. 145. pp: 59-67.

Griffin, R. C., Sacharow, S. and Brody, A. L. 1985. Principles of Package Development. Second Edition. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut, USA. 337 pp.

Hanlon, J. F. 1971. Handbook of Package Engineering. by McGraw-Hill Book Company. All Rights Reserved. USA. pp 29-260.

Hardenburg, R. E. 1971. Effect of in – package environment on keeping quality of fruits and vegetables. HortScience 6 (3): 198.

Hardenburg, R. E. 1984. Principios de empaque. En: Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales (Editor: Pantastico, E. B.). Primera edición en Español. Editorial Continental, S. A. de C.V. México, D. F. 149 pp.

Hardenburg, R. E., A. E. Watada., and C. Y. Wang. 1986. The comercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. U S Dept. of agric. Agricul. Handbook No. 66. 130 pp.

Harding, P. R. and Savage, D. C. 1964. Investigation of posisble correlation of hot-water washing with excessive storage decay in coastal California lemon packing house. Plt. Dis. Reprtr. 48: 808.

Herrero, J. y Guardía, J. 1992. Conservación de frutos (manual técnico). Ediciones Mundi-Prensa. 409 pp.

Hernández V., G. 1985. Estudio técnico – económico de la producción de tuna (*Opuntia* spp.) y su exportación a los Estados Unidos de Norteamérica. Tesis profesional. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, Méx. 81 pp.

Hobson G., E. 1981. Enzymes and texture changes dering ripening. En: Recent Advances in the Biochemistry Fruits and Vegetables. (Ed.) FRIED J, RHODES MJC. Academic. Press. pp: 123-132.

Hoffman, N. E. and S. F. Yang. 1980. Changes of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid content in ripening fruit in relation to their ethylene production rates. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 105: 492-495.

Hotchkiss, J. H. 1992. Empacado de productos hortícolas. En: Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas (Eds. Yahía E., M. e Higuera C., J.). Ed. LIMUSA. Hermosillo, Son, Méx. pp: 127-147.

Hulme, A. C. 1974. The biochemistry of fruit and their products. Vol. II. Academic Press. London and New York. pp: 333-369.

INEGI. 1998. Recursos Agrícolas del Trópico y Subtrópico Mexicano. Aguascalientes, Aguascalientes, Méx. pp: 71–76.

Kader, A. A. 1985. Postharvest Biology and Technology: An Overview. In: Postharvesth Technology of Horticultural Crop. (Edr. A. A. Kader). University of California, California, USA. pp: 3-7.

Kim-Sung-Bok., H. Hong-Seong., H. Han-Dong., K. Kang-Sung., H. Lee-Chang. 1998. Effect oo intermittent warming on peach fruit quality in cold storage. Journal of the Korean Society for Horticultural Science. 39 (1): 40-45.

Kliewer, W. M. 1965. Changes in the concentration of malates tartarates and total free acids in flowers and barries of *Vitis vinifera*. Amer. J. Enol. Vitic. 16: 604.

Knee, M., and I. M. Bartley. 1981. Composition and metabolism of cell wall polisaccharidos in ripenning fruits. En: Recent Advances in the Biochemistry Fruits and Vegetables. (Ed.) FRIED J, RHODES MJC. Academic. Press. pp: 133-145.

Koksal, A. I. 1989. Research on the storage of pomegranate (cv. Gok Bahce) under different conditions. Acta Horticulturae. 258: 295-302.

Lakshminarayana, S. y Estrella, B. I. 1978. Postharvest respiratory behaviours of tuna (prickly pear) fruit (*Opuntia rubusta*). J. Hort. Sci. 53 (4): 327-330.

Lederman, E., G. Zauberman., A. Weksler., I. Rot and Y. Fuchs. 1997. Ethylene-forming capacity during cold storage and chilling injury development in 'Keitt' mango fruit. Postharvest Biology and Technology. 10 (1): 107-112.

Liu F., W. 1992. Sistemas de almacenamiento para productos hortícolas. En: Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas (Eds. Yahía E., M. e Higuera C., J.). Ed. LIMUSA. Hermosillo, Son, Méx. pp: 103-117.

Lizana, L. A. and Espina, S. 1991 Effect of storage temperature on the postharvest behaviour of cape gooseberry (*Physalis peruviana*) fruits. Interamerican Society for Tropical Horticulture. 35: 278-284.

Llamas LI., J. 1984. El cultivo del pitayo en Huajapan de León. Cac. Suc. Méx. 24 (3). pp: 62-65.

Martínez H., E. 1983. Germinación de semillas de *Stenocereus griseus* (Haw) Buxbaum (pitayo de mayo). Cac. Suc. Méx. 28 (3): 51-55.

Martínez-Soto, G., M. R. Fernández-Montes y J. M. Cabrera-Sixto. 1999. Evaluación de la vida de anaquel de tuna (*Opuntia ficus-indica*). En: Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre conocimiento y aprovechamiento de el nopal (Editores Aguirre R., J. y Reyes A., J.). San Luis Potosí, S.L.P., México. pp: 26-29.

McCullum, T. G. 1989. Physiological changes in yellow summer squash at chilling temperatures. HortSci. 24: 633-635.

Modi, V. and Reddy, V. 1967. Carotenogenesis in ripening mangoes. Ind. J. Expt. Biol. 5: 233.

Molina F., M. y D. Torrallardona S. 1970. Frigoconservación y manejo de frutas, flores y hortalizas. Edit. AEDOS. Barcelona, España. 162 pp.

Morris, J. R., D. L. Cauthon., G. S. Nelson and P. E. Cooper. 1980. Effects of preharvest calcium sprays and postharvest halding on firmness and quality of machine-harvest blackberries. Hort. Sci. 15: 33-34.

Muratalla L., M. 1992. Comportamiento fisiológico en pre y postcosecha del fruto de cinco selecciones de capulin (*Prunus serutina*, Var. Capuli.). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Mex. 71 pp.

Nerd, A. and Y. Mizrahi. 1998. Fruit development and ripening in yellow pitaya. J. Am. Hortic. Sci. 123: 560-562.

Nerd, A. and Y. Mizrahi. 1999. The effect of ripening storage on fruit quality after storage of yellow pitaya. Posstharvest Bioloby and Technology. 15 (2): 99-105.

Oosthyse, S. A. 1994. Quality of mature zill mangoes after long-term refrigerated storage as determined by pre-stotage ripeness ans cold-storage regime. South-African Mango Growers Association. 14: 37-42.

Pantastico, E. B. 1975. Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. IVI Pub. Co., Westport, C. T. Florida, USA. 560 pp.

Paull, R. E. and N . J. Chen. 1989. Waxing and plastic wraps influence water loss from papaya fruit during storage and rippening. J. Amer. Suc. Hort. Sci. 114 (6): 937-942.

Pimienta B., E. y M. Tomas V. 1993. Caracterización de la variación en el peso fresco y la composición química del fruto en variedades de pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) (Weber) (Buxbaum). Rev. Cact. y Suc. Méx. 36 (4): 82-88.

Pimienta B., E. y S. Nobel P. 1994. Pitaya (*Stenocereus* spp., Cactaceae): an ancient and modern fruit crop of Mexico. Economic-Botany Rev. 48 (1): 76-83.

Pimienta B., E. y S. Nobel P. 1995. Reproductive Characteristics of pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) and their Relationships with Soluble Sugars and Irrigation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120 (6): 1082-1086.

Piña, I. 1979. Algunos aspectos sobre la industrialización de los nopales. Cac. Suc. Méx. 24 (1): 27-30.

Purvis, A. C. 1980. Respiration of grapefruit and orange flavedo tissue in relation to chilling and non-chilling temperatures and respiration inhibitors. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 (2): 209-213.

Raison, J. K. 1980. Effect of low temperature an respiration. In: The biochemistry of plants. Vol. 2 (Ed.) STUMPF, PK CONN EE. Academic Press. pp: 613-626.

Ramos C., M. G. y Martínez T., M. A. 1998. Efecto del manejo postcosecha en la susceptibilidad al daño por frío y la actividad poligalacturonasa en calabaza zuchini. Revista Horticultura Mexicana. Volumen VI. pp: 42-55.

Rebollar A., A., J. Romero P., P. Cruz H. y H. Zepeda C. 1997. El cultivo de la pitaya (*Stenocereus* spp.), una alternativa para el trópico seco del Estado de Michoacán. Centro Regional Universitario del Centro Occidente. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 72 pp.

Rebolledo R., H. 1997. SAS en microcomputadora (análisis estadístico de datos experimentales). Sexta Edición. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 93 pp.

Reyes N., F. 1985. Fisiología y tecnología postcosecha de frutos y hortalizas. Departamento de Industrias Agrícolas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Richardson, D. G. 1992. Etileno en la biología postcosecha. En: Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas (Eds. Yahía E., M. e Higuera C., I.). Ed. LIMUSA. Hermosillo, Sonora, México. pp: 59-64.

Rhodes, M. J. 1980. The maturation and ripening of fruits. In: Senescence in plants (Ed.) K. V. Thiman. CRC Press Inc. E.U.A. pp: 157.

Rodríguez C., A. 1996. Pitahayeros. Memoria del primer encuentro de productores de pitahaya de Yucatán. 1^{ra} Edición. Centro Regional Universitario Península de Yucatán. Universidad Autónoma Chapingo. Maxcanú, Yuc, Méx. 53 pp.

Saenz Q., L. 1994. Estudios sobre la fisiología de la frigoconservación de tunas y daños por frío. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 74 pp.

Salcedo P., E. 1991. Aspectos taxonómicos y etnobotánicos del pitayo *Stenocereus queretaroensis* (Web) Buxb. En el minicipio de Techaluta, Jalisco. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. 80 pp.

Salcedo P., E. y J. Arreola N. 1991. El cultivo del pitayo en Techaluta, Jalisco. Cact. Suc. Mex. 36 (4): 84-91.

Salunkhe, D. K. and Desai, B. B. 1984. Post-harvest Biotechnology of Fruits. Vol. II. CRC Press, Inc. Florida, USA. 153 p.

Sánchez M., R. 1984. Taxonomía y distribución de las pitayas en México. Simposio de Aprovechamiento. Memorias de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. México, D.F. pp: 45-56.

Saucedo V., C. 1986. El fruto en postcosecha. Primera Reunión Técnica sobre Fruticultura en el Noreste de México. SARH-INIFAP-CIANO-CAECH. Hermosillo, Sonora, México. pp: 56-62.

Saucedo V., C. 1990. Notas del curso Fisiología y Bioquímica de frutos. Centro de Fruticultura. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.

SECOFI. 1984. Frutas y hortalizas: envases recomendados para productos horto-frutícolas en estado fresco. Voletín técnico. México, D.F. 1 p.

Shewfett, R. L. 1990. Quality of fruit and vegetables. Food Technology. 44: 99-106.

Sinclair, W. B. 1984. The biochemistry and physiology of lemon and other citrus fruits. DARN, University of California. USA. 122 pp.

Sommer, N. F. and Luvisi, D. A. 1960. Chossing the right package for fresh fruit. Package Eng. 5 (12): 37.

Thompson, A. K. 1996. Postharvest technology of fruit and vegetables. Editorial Blackwell Science, Inc. Cambridge, USA. pp 57-94

Tucker, G. A. and Grierson, D. 1987. Fruit ripening. En: The biochemistry of plants. Vol. 12. (Ad) Stompk pk. CONN EE. Academic Press. pp: 265- 318.

Ulrich, R. 1970. Organic, acids. In: The biochemistry of fruits and their products. Vol. 1. A. C. Hulme (Ed). Academic Press. N. Y., USA. pp: 89-118.

Varian. 1996. Star Chromatography Workstation (tutorials). Publication Number 03-914613-00 Rev. 1. Varian Associates, Inc. USA. 132 pp.

Vásquez O., I. 1985. Efecto de la temperatura y humedad relativa en el almacenamiento de frutas de guayaba (*Psidium guayava*) para consumo fresco. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 97 pp.

Wade, N. L. 1979. Physiology of cool-storage disorders of fruit and vegetables. In: Low temperature stress in crop plants. (Editors; Lyons, J. M., Graham, D. and Raison, J.) by Academic Press, Inc. New York. New York, USA. pp: 81-96.

Wang, C. Y. And D. O. Adams. 1980. Athylene production by chilled cucumbers (*Cucumis sativus* L.). Plant Physiol. 66: 841-843.

Wang, C. Y. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. HortSci. 17: 173-186.

Westwood, M. N. 1978. Temperatura zone-pomology. Ed. W. H. Freman and Co. San Francisco, USA. 418 p.

Wills, R. H., Lee, T. H., McGlasson, W. B., Hall, E. G. y Graham, D. 1980. Postharvest. An Introduction to the Physiology and Handling of Fruits and Vegetables. Ed New South Wales University. Kensington. N.S.W., Australia. 195 p.

Yu, Y., D. O. Adams and S. F. Yang. 1980. Inhibition of ethylene production by 2,4-dinitrophenol and high temperature. Plant Physiol. 66: 286-290.

VIII. ANEXO.

Anexo A. Análisis de varianza de pérdida de peso (%), firmeza (mm de penetración, pH, sólidos solubles totales (°Brix) y porcentaje de frutas dañadas en pitaya, después de 11 días de frigoconservación.

Cuadrados Medios de las variables:						
Fuente de Variación	G. L.	Pérdida de peso (%)	Firmeza (mm de penet.)	pH	SST (°Brix)	Fruto dañado (%)
Temperatura	1	0.0468 ns	45.5815 **	0.1623 **	0.0481 ns	5099.200 **
Empaques	2	8.0628 *	3.2367 ns	0.0058 ns	0.0479 ns	44.942 ns
Temp x Emp	2	0.9520 ns	1.8880 ns	0.0054 ns	0.0528 ns	115.761 ns
Error	18	1.7136	3.0432	0.0148	0.1973	148.237
C. V.		16.6284	9.0294	2.7238	4.7668	37.897
μ		7.8725	19.3198	4.4710	9.3198	32.127

C.V.= Coeficiente de variación

μ = media general del experimento

** altamente significativo ($\alpha < 0.01$)

* significativo ($\alpha = 0.01 - 0.05$)

ns no significativo ($\alpha > 0.05$)

Anexo B. Análisis de varianza de los parámetros de color en la cáscara del fruto: cambio de color, ángulo de tono (*Hue*), pureza del color (*Chroma*) y Brillantez ("L Hunter"), después de 11 días de frigoconservación.

Cuadrados Medios de las variables:							
Fuente de Variación	G. L.	Cambio de Color (ΔE)	Angulo de tono (<i>Hue</i>)	Pureza de color (<i>Chroma</i>)	Brillantez ("L Hunter")		
Temperatura	1	0.22068 ns	73.8595 **	1.2351 ns	0.0240 ns		
Empaque	2	0.00958 ns	5.1285 ns	0.4408 ns	0.2261 ns		
Temp x Emp	2	0.15560 ns	0.8906 ns	0.4346 ns	0.0731 ns		
Error	18	0.05953	5.6943	0.2954	0.3824		
C. V.		14.7740	5.6800	6.1997	2.1950		
μ		1.65159	42.0113	8.7667	28.2100		

Anexo C. Comparación de medias de pérdida de peso (%), firmeza (mm de penetración, pH, sólidos solubles totales (°Brix) y porcentaje de frutas dañadas en pitaya, después de 11 días de frigoconservación.

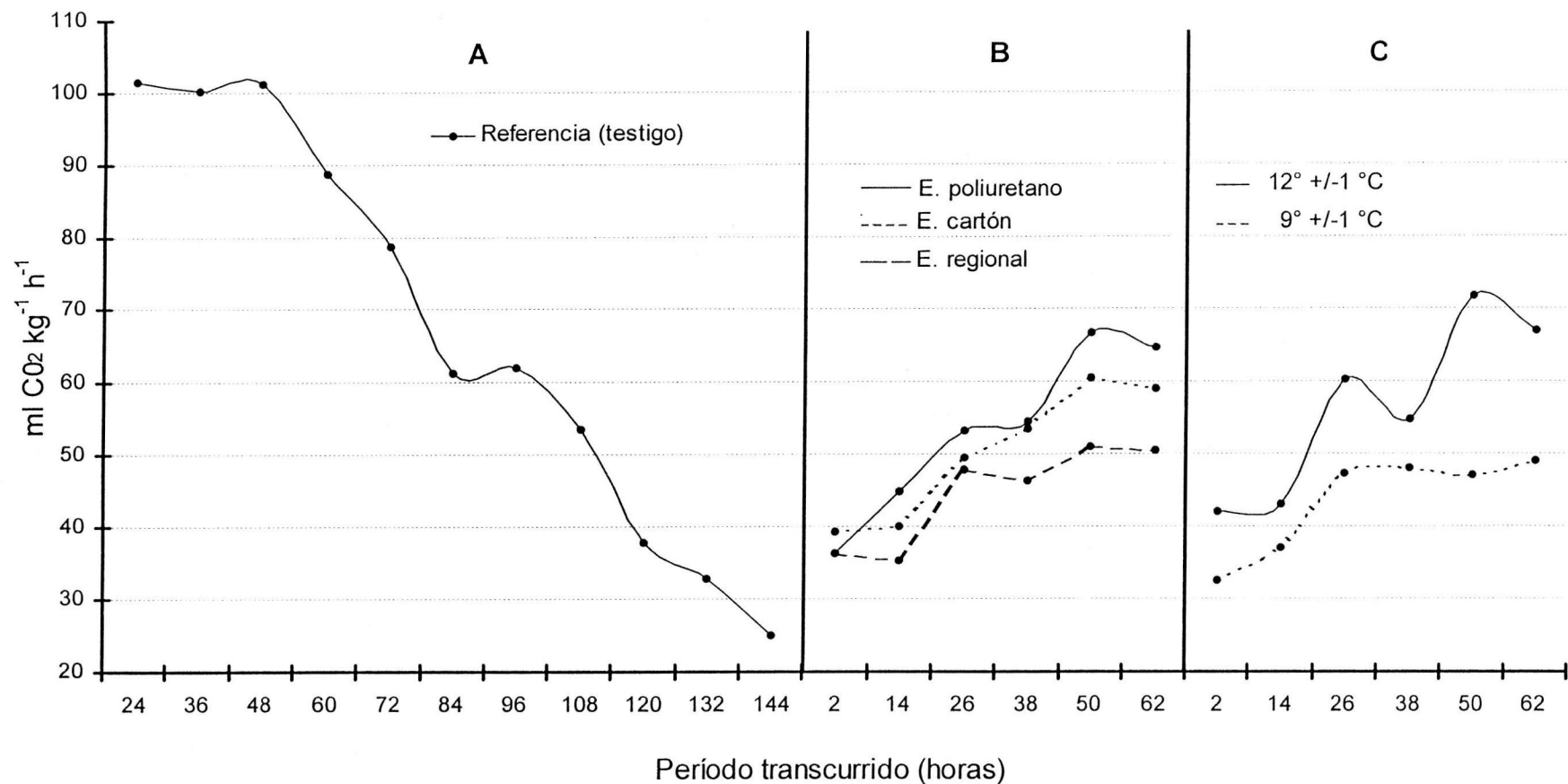
Factor	Niveles	Medias de las variables:				
		Pérdida de peso (%)	Firmeza (mm de p)	pH	SST (°Brix)	Fruta dañada (%)
Empaque	Poliuretano	7.2225 a	19.4563 a	4.440 a	9.250 a	34.775 a
	Cartón	7.3663 ab	18.6266 a	4.484 a	9.403 a	30.204 a
	Regional	9.0288 a	19.8766 a	4.488 a	9.306 a	31.403 a
Temperatura	9° ±1 °C	7.8283 a	17.9417 b	4.389 b	9.365 a	17.550 b
	12° ±1 °C	7.9167 a	20.6979 a	4.553 a	9.275 a	46.700 a

Medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$)

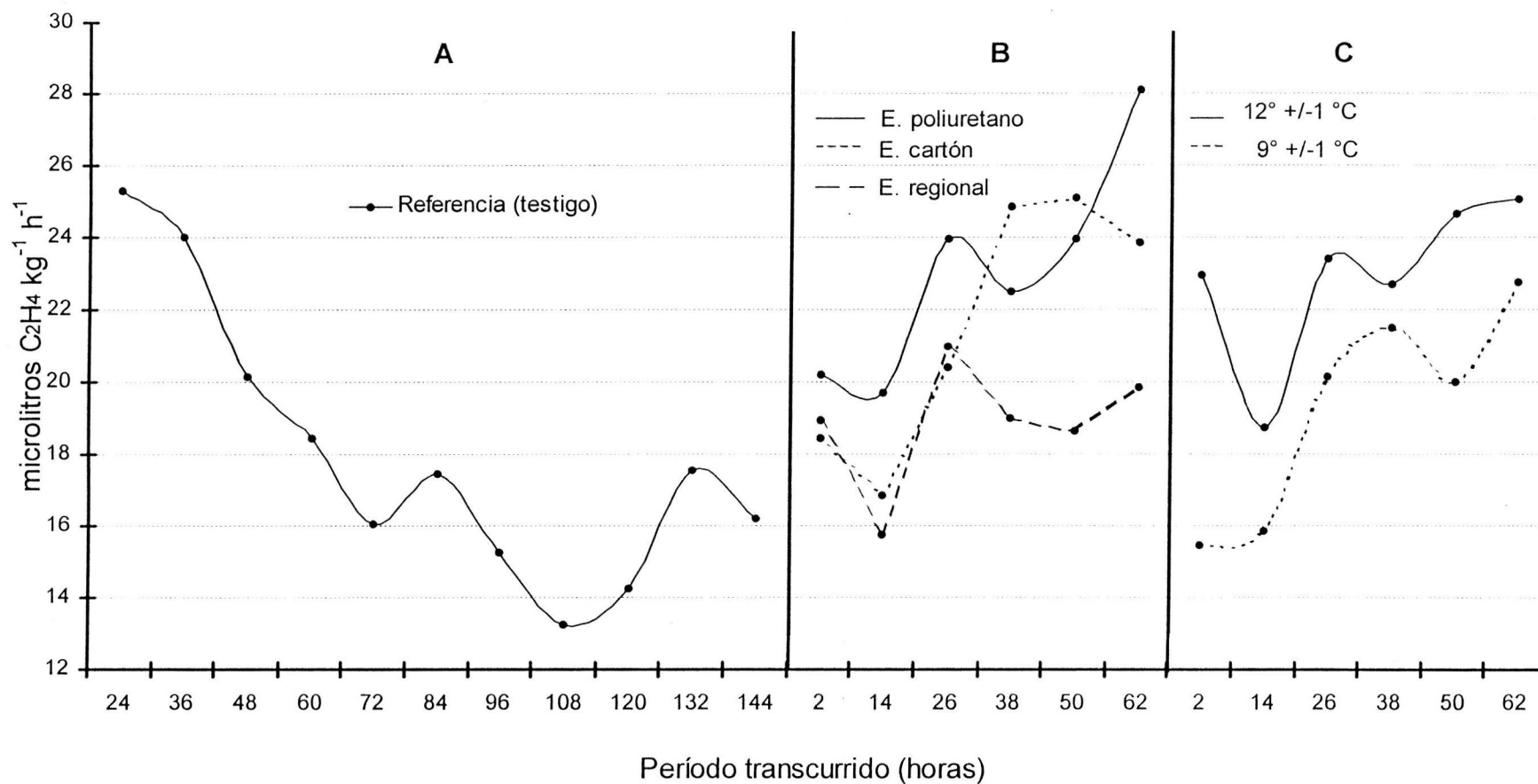
Anexo D. Comparación de medias de los parámetros de color en la cáscara del fruto: cambio de color (ΔE), ángulo de tono (*Hue*), pureza del color (*Chroma*) y brillantez ("L Hunter"), después de 11 días de frigoconservación.

Factor	Niveles	Medias de las variables:			
		Cambio de Color (ΔE)	Angulo de tono (<i>Hue</i>)	Pureza del color (<i>Chroma</i>)	Brillantez ("L Hunter")
Empaque	Poliuretano	1.6129 a	41.180 a	9.0373 a	28.38 a
	Cartón	1.6624 a	42.076 a	8.6457 a	28.20 a
	Regional	1.6795 a	42.778 a	8.6173 a	28.04 a
Temperatura	9 °C	1.5557 a	40.257 b	8.9936 a	28.27 a
	12 °C	1.7475 a	43.766 a	8.5399 a	28.18 a

Medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$)



Anexo E. Patrón de respiración de las frutas de pitaya almacenadas a temperatura ambiente, después de corte **(A)**; y después de 11 días de frigoconservación: efecto del factor tipo de empaque **(B)** y efecto del factor temperatura de frigoconservación **(C)**.



Anexo F. Patrón de producción de etileno de las frutas de pitaya almacenadas a temperatura ambiente, después de corte **(A)**; y después de 11 días de frigoconservación: efecto del factor tipo de empaque **(B)** y efecto del factor temperatura de frigoconservación **(C)**.