

F
3046
C-2



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**PERIODO DE ALMACENAMIENTO EN TUNA Y SU
RELACIÓN CON EL MÍNIMO PROCESADO**

TESIS

**Que como requisito parcial
para obtener el Título de:**



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

CARLOS JAVIER MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

Chapingo, México, Junio del 2008.



Instituto de Horticultura



BIBLIOTECA

**"Periodo de Almacenamiento en Tuna y su Relación con el
Mínimo Procesado"**

Tesis realizada por **Carlos Javier Martínez Hernández**, bajo la
dirección del Comité Asesor indicado, aprobada y aceptada por el
mismo como requisito parcial para obtener el grado de :

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:


Dra. Ma. Teresa Martínez Damián

ASESOR:


Dr. Alejandro F. Barrientos Priego

ASESOR:


Dra. Ma. Teresa Colinas León

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Chapingo, en particular al Instituto de Horticultura por la oportunidad de continuar con un paso más en mi formación académica y profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo para desarrollar mis estudios de maestría.

Un agradecimiento especial para la Dra. Ma. Teresa Martínez Damián, por su valioso apoyo, constancia y paciencia, pero sobre todo por brindarme su amistad incondicional para la culminación de este trabajo.

Al Dr. Alejandro Barriando Priego y la Dra. Ma. Teresa Colinas, por su valiosa aportación y consejos para la conclusión de esta investigación.

A todos mis compañeros de la Maestría en Horticultura y en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, por el apoyo y amistad brindada.

A mis amigos de siempre que una vez más estuvieron conmigo en esta etapa, además de los nuevos que hice, ustedes saben quienes son.

A mi padres Fernando y Maria Luisa

A Fernando, Jose Angel y Enrique

Un logro más para ustedes.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	viii
RESUMEN	x
1. INTRODUCCIÓN.....	x
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Generalidades.....	4
2.2 Descripción del Fruto	5
2.2.1. Composición Química del Fruto.	7
2.2.2. Descripción Tuna cv. Solferino.....	8
2.2.3. Descripción Tuna cv. Alfajayucan	9
2.3. Maduración	9
2.4. Manejo Poscosecha de la Tuna.....	11
2.5. Procesamiento Mínimo	14
2.6. Calidad de Productos Mínimamente Procesados	15
2.7. Refrigeración.....	17
2.7.1. Aplicación de Frío en Minimos Procesados.....	20
2.7.2. Daños por frío.....	21
2.8. Atmósferas Modificadas.....	22
2.8.1. Influencia del Oxígeno.....	23

2.8.2. Influencia del Dióxido de Carbono.....	24
2.8.3. Propiedades de Materiales Plásticos.....	25
2.9. Atmósferas Modificadas en Productos Mínimamente Procesados.....	26
2.10. Uso de Empaque en Atmósferas Modificadas	31
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1. Ubicación	37
3.2. Material Vegetal	37
3.3. Características del Material de Empaque	38
3.4. Realización de la Tuna Mínimamente Procesada.....	38
3.5. Fase Experimental	39
3.5.1. Unidad Experimental	39
3.6. Variables Respuestas	41
3.6.1. Color.....	41
3.6.2. Firmeza	43
3.6.3. Pérdida Fisiológica de Peso	43
3.6.4. Sólidos Solubles Totales	43
3.6.5. Acidez Titulable	44
3.6.6. Vitamina C.....	44
3.6.7. Conductividad Eléctrica	46
3.7 Análisis Estadístico.....	47
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1. Color	48
4.1.1. Brillantez.....	48
4.1.2. Angulo Húe.....	51

4.1.3 Cromaticidad	53
4.2. Firmeza	55
4.3. Pérdida de Peso	58
4.4. Sólidos Solubles Totales.....	61
4.5. Acidez Titulable.....	64
4.6. Vitamina C	67
4.7. Conductividad Eléctrica	70
5. CONCLUSIONES.....	74
6. LITERATURA CITADA	76

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Composición de la pulpa y cáscara de la tuna.....	8
Cuadro 2. Permeabilidad de diferentes materiales al vapor de agua.	28
Cuadro 3. Permeabilidad de distintos materiales a oxígeno.....	29
Cuadro 4. Permeabilidad de distintos materiales a dióxido de carbono.	30
Cuadro 5. Tratamientos realizados durante el experimento.....	41
Cuadro 6 Comparación de medias de factores principales para brillantez (%) en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.....	49
Cuadro 7. Comparación de medias de factores principales para ángulo hús (H°) en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.....	52
Cuadro 8. Comparación de medias de factores principales para cromaticidad (C) en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.....	54
Cuadro 9. Comparación de medias de factores principales para firmeza (N) en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.....	56

Cuadro 10. Comparación de medias de factores principales para pérdida de peso (%) en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.....	59
Cuadro 11. Comparación de medias de factores principales para sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.....	62
Cuadro 13. Comparación de medias de factores principales para acidez titulable (% ácido cítrico) en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.	65
Cuadro 14 Comparación de medias de factores principales para contenido de vitamina C ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.....	68
Cuadro 15 Comparación de medias de factores principales para Conductividad eléctrica (% de permeabilidad de membrana) en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.....	72

Figura 1. Diagrama de Flujo de la Aplicación de Mínimo Procesado en Tuna. 40

"PERIODO DE ALMACENAMIENTO EN TUNA Y SU RELACIÓN CON EL MÍNIMO PROCESADO"

**Carlos Javier Martínez Hernández¹ y Teresa
Martínez Damián²**

RESUMEN

Tunas de los cultivares Alfajayucan y Solferino se cosecharon en la región de San Martín de las Pirámides, Estado de México, y se almacenaron a 5 °C, se realizó procesamiento mínimo después de los 0, 1, 2 y 3 semanas, y se aplicaron temperaturas de conservación de 0-20 °C y en algunos casos se utilizó película plástica de polietileno de baja densidad y se evaluó cada dos días color en pulpa, firmeza, pérdida fisiológica de peso, concentración de sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de vitamina C y la permeabilidad de membrana, y así darle seguimiento a la calidad del producto. Las tunas Alfajayucan mostraron que se pueden procesar hasta 24 días después de la cosecha manteniendo características de calidad hasta por 6 días en refrigeración, ya que a medio ambiente solo se puede mantener entre 2 y 4 días, mientras que el cv. Solferino si se procesara en este tiempo solo se puede mantener alrededor de 4 días en refrigeración y a 20 °C 2 días ya que después no presentan características de calidad. Sin embargo, cuando se procesan a las 2 semanas después de cosechadas las tunas de este cultivar puede llegar a durar hasta 6 días después de haberse aplicado el mínimo proceso.

Palabras claves: mínimo procesado, tuna, refrigeración, atmósferas modificadas, poscosecha.

¹Autor: Maestría en Ciencias en Horticultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo

²Director de tesis: Instituto de Horticultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.

"STORAGE PERIOD IN PRICKLY PEAR AND IT'S RELATION WITH THE MINIMAL PROCESSING"

**Carlos Javier Martínez Hernández¹ and Teresa
Martínez Damián²**

ABSTRACT

Two cultivars of prickly pear fruits Alfajayucan and Solferino were harvested in San Martín de las Pirámides, Mexico State and were stored at 5 °C. A minimal processed was applied after 0, 1 2 and 3 weeks, temperatures in the range of 0-20 °C were investigated and in some cases a plastic film of low density polyethylene was evaluated. Every two days the pulp color, firmness, physiological weight loss, soluble solids, titratable acids vitamin C and permeability membrane were evaluated. The quality of the product was evaluated. The prickly pear Alfajayucan showed that it can be processed until 24 days after harvest, under this last condition, the product lost market quality after 6 days in refrigeration. In environmental conditions the product lost market quality after 2 or 4 days. Under same conditions the cultivar Solferino lost lost market quality after 4 days in refrigeration. At 20 °C the product lost market quality after 2 days. However when the prickly pear fruits were used 2 weeks after the harvest the product maintain the quality until 6 days, after that was applied the minimal processed

Key words: minimal processing, prickly pear, refrigeration, modified atmospheres, postharvest.

¹Author: Master Science in Horticulture. Department of Fitotecnia. University of Chapingo.

²Thesis director: Institute of Horticulture. Department of Fitotecnia. University of Chapingo.

1. INTRODUCCIÓN

México es el país mas rico en especies del subgénero *Opuntia* además de ser considerado centro de origen (Pimienta y Nobel, 1995), con aproximadamente 110 especies (Fernández y Mondragón, 1996).

La importancia del nopal tunero se ha incrementado en los últimos años, hecho que se refleja en el aumento de la superficie cultivada de esta especie en el país. En la actualidad se han desarrollado diversas variedades productoras de tuna ya que las *Opuntias* constantemente se hibridizan dando como resultado nuevas formas y tipos. En México, la tuna es un fruto de amplia importancia desde el punto de vista biológico, económico y social. Debido a sus características biológicas tales como resistencia a la sequía así como alta eficiencia en el uso de agua (Fernández y Mondragón, 1996).

La tuna es un fruto no climatérico (Corrales, 1992; Pimienta y Engleman, 1985; Bravo, 1978), por lo que se esperaría que tuviera una vida poscosecha prolongada. Sin embargo, es altamente perecedera, entre otras cosas debido al gran deterioro causado por lesiones causadas por su mal manejo, pudriciones y elevada transpiración (Corrales, 1992).

La industrialización de la tuna es tecnológicamente posible e incluso se está realizando, sin embargo, en México se prefiere en estado fresco, debido a que el fruto presenta características muy particulares, excelente succulencia, aroma y sabor fácilmente alterables, comercializándose de ésta manera en volúmenes que cada vez son mayores (Corrales, 1992).

La tuna aparte de ser considerada perecedera, es una fruta que tiene ahuates en la cáscara aspecto que la hace molesta para el consumidor al tener que eliminar esta parte para comerla. Una de las formas en que se puede dar mayor comodidad al consumidor y al mismo tiempo aumentar las posibilidades de mercado es el procesamiento mínimo. Técnica de la fisiología de poscosecha que pretende proporcionar a las personas un producto con características similares al fruto fresco pero con una ligera transformación que puede ser el pelado, cortado, rebanado, descorazonado según sea el caso (Cantwell, 1992; Wiley, 1997).

La tecnología de procesamiento mínimo en tuna se ha desarrollado, pero inmediatamente después de la cosecha, desconociéndose el tiempo en que la tuna intacta puede ser frigoconservada y posteriormente transformada y ofertada. Por lo que se plantea la alternativa de realizarlo varios días después de esta, para que se pueda tener un periodo de comercialización en estado fresco y la fruta que no pueda ser ofertada, se procese, utilizando la aplicación de frigoconservación y películas plásticas.

Por lo que se planteó en el presente estudio como objetivo principal evaluar periodos de almacenamiento a baja temperatura para procesado mínimo en dos cultivares de tuna analizando características de calidad para su comercialización.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades

Las cactáceas son originarias del continente americano y se distribuyen desde Canadá hasta Argentina. La diferencia que existe entre las cactáceas de América del sur y de América del norte, respecto a su origen, implica la existencia de dos áreas de desarrollo (Bravo, 1978).

En América del norte se localizan 92 géneros de cactáceas y en América del sur solo 5, de los de América del norte en México existen 61 géneros, ubicándolo como centro de diseminación (Bravo, 1978).

Los nopales son plantas rastreras o arbustivas, con especies y variantes muy espinosas y otra casi sin espinas. La succulencia es la principal característica morfológica de los nopales y de la mayoría de las cactáceas. Esta puede considerarse como el sello distintivo de su parte aérea (tallos flores y frutos) y resulta de la proliferación celular masiva de cientos de tejidos parenquimatosos, asociadas a un aumento en el tamaño de las vacuolas y una disminución de los espacios intercelulares (Borregos y Burgos, 1986).

2.2 Descripción del Fruto

La tuna es un fruto botánicamente considerado como una baya que se origina del ovario ínfero unilocular cuyos óvulos presenta placentación parietal (considerada como un fruto accesorio); el receptáculo que rodea al ovario da origen a la cáscara en el fruto maduro, de forma ovoide o esférica, desnuda, espinosa; normalmente jugosa y comestible (Pimienta y Engleman 1985; Bravo, 1978).

El fruto esta formado de afuera hacia a dentro, de los siguientes tejidos; tejidos corticales, carpelos, funículo y estructuras papilares; donde estos últimos formando la pulpa del fruto. La cáscara del fruto en este caso, en donde no existe diferenciación entre el mesocarpio, epicarpio y endocarpio, esta constituida por el tejido cortical, el tejido axial y los carpelos; la capa formada por los carpelos usualmente es muy delgada y pueden aun separarse del pericarpio y quedar libre en el fruto maduro (Sepúlveda y Sáenz, 1990).

Las flores que le preceden son generalmente hermafroditas con ovario infero, estilo y estigma simple, numerosos estambres y óvulos dispuestos en placentación parietal. Es producido por las diferentes plantas de nopal pertenecientes al subgénero *Opuntia*, de la familia de las Cactáceas (Bravo, 1978).

La parte comestible del fruto, conocido vulgarmente como corazón, consiste de numerosos funículos de las estructuras papilares y de los óvulos desarrollados sobre la placenta parietal; los funículos se ensanchan, crecen y acaban por envolver a los bolos completamente, hasta formar una cubierta externa. Puede decirse que el corazón consiste de semillas empacadas estrechamente e intermezclada con las estructuras papilares a manera de fieltro los cuales surgen del funículo y de las cubiertas de las semillas; de esta manera, la pulpa es una pseudoparénquima formado de las estructuras papilares, de la pared del carpelo y de los funículos (Borrego y Burgos, 1986).

La actividad metabólica de la tunas en poscosecha se considera baja por tratarse de frutos no climatérico. Sin embargo, sufren deterioro causado principalmente por los daños, lesiones, infecciones patológicas ocasionadas durante su corte y manejo poscosechas y las fisiopatías o enfermedades fisiológicas (daños por frío) causados por la frigoconservación cuando las bajas temperaturas y los tiempos de exposición rebasan los límites biológicos de cada especie y variedad. En el deterioro también intervienen factores biológicos y ambientales que interactúan provocando efectos indeseables, que en ocasiones acaban rápidamente con la calidad del producto, por lo que a estos frutos se les considera altamente perecederos (Corrales, 2004).

2.2.1. Composición Química del Fruto.

La tuna se puede dividir en tres partes atendiendo al modo de consumo tradicional del mismo; cáscara, pulpa y semillas. El porcentaje de cada una de sus partes depende básicamente de la especie, pero en general los valores oscilan entre 40-52 %, 30-57 % 7-10 % de cáscara, pulpa y semilla, respectivamente (Sawaya *et al.*, 1983; Sepúlveda y Sáenz, 1990; Granados y Castañeda, 1991).

Los principales componentes de la pulpa del fruto son agua (85 %) y carbohidratos (10-15 %) (Fernández y Mondragón, 1996; Mondragón, 1993). La composición química de las tunas es parecida a la de muchos otros frutos frescos como el durazno, el mango o la papaya; es pobre en proteínas, rica en azúcares y contiene una cantidad considerable de vitamina C y minerales como potasio y fósforo.

En el Cuadro 1, se muestran características de la composición de la pulpa y cáscara de la tuna. La pulpa es típicamente baja en acidez y su pH es cercano a la neutralidad; las características de la cáscara pueden ser semejantes a las de la pulpa, a diferencia de que estas tienen una cantidad menor de azúcar

Cuadro 1. Composición de la pulpa y cáscara de la tuna.

Característica	Pulpa	Cáscara
pH	6.04 ± 0.34 ^z	5.52 ± 0.14
Acidez (% ácido cítrico)	0.06 ± 0.05	0.17
Sólidos solubles (°Bx a 20 °C)	13.87 ± 1.37	9.96 ± 2.36
Viscosidad (mPa•s)	129.47 ± 55.6	--
Glucosa (g•100 g ⁻¹ materia seca)	7.19 ± 1.07	2.27 ± 1.36
Fructosa (g•100 g ⁻¹ materia seca)	6.15 ± 1.86	1.8 ± 1.12
Sacarosa (g•100 g ⁻¹ materia seca)	0.08 ± 0.08	0.32 ± 0.18
Glucosa•fructosa ⁻¹	1.23 ± 0.23	1.37 ± 0.57

^z: Desviación estandar de la media

Fuente: Sepúlveda y Sáenz (1990); Crivelli y Nani (1993); Joubert (1993).

2.2.2. Descripción Tuna cv. Solferino

Esta tuna se cultiva en la zona centro, es mas precoz que 'Alfajayucan' para la zona, su periodo de cosecha va de junio a septiembre y su pico de producción es en el mes de agosto. El tamaño de la fruta es mediano va de 7.8 cm de largo X 4.6 cm de ancho, con pocas semillas, cascar delgada pulpa de color roja y de buen sabor con un contenido de 13 °Brix (Flores *et al.*, 1997).

2.2.3. Descripción Tuna cv. Alfajayucan

Esta variedad se cultiva en el estado de Hidalgo, en la zona de San Martín de las Pirámides del Estado de México y en la región Centro Norte, presentando un comportamiento diferente para cada región. En Hidalgo es mas precoz que en las otras zonas ya que su cosecha comienza en mayo y dura cinco meses, de mayo a septiembre. Su pico de producción se presenta en julio y agosto, y en la región centro norte esta variedad presenta una época de cosecha de dos meses, julio y agosto (Flores *et al.*, 1997).

2.3. Maduración

La maduración es una serie de procesos que ocurren desde las ultimas etapas de crecimiento y desarrollo hasta las primeras etapas de senescencia, dando como resultado características estéticas y de calidad, debido a cambios en composición química, color textura y otros atributos sensoriales (Kader, 2005).

Los frutos no climatéricos como la tuna (Kader, 2002), acumulan directamente monosacáridos durante su crecimiento y por tanto, durante la maduración no existe incrementos significativos de su tasa respiratoria; sin embargo, al igual que los frutos climatéricos sufren cambios de manera mas lenta, estos cambios son: acumulación de azúcares y de sólidos solubles, reducción de la concentración de ácidos orgánicos, cambio de color y reblandecimiento de los tejidos (Agustí, 2001; Gil, 2001) que ocurren cuando el fruto está aun

vascularizados con la planta, además, estos frutos no responden a tratamientos de etileno excepto en términos de degradación de clorofila y tienen que ser cosechados completamente maduros para alcanzar el mejor sabor y dulzor (Kader, 2005).

El color es consecuencia de los pigmentos; los pigmentos verdes en general son clorofila principalmente del tipo a y b ubicada en los tilacoides de los cloroplastos. En cactáceas, los pigmentos amarillos-rojos-morado se deben a derivados de la tirosina y del indol llamados betalainas, de las cuales la betacianina aporta el color rojo oscuro (Hendry, 2003).

La tuna contiene aproximadamente el 83 % de agua y el 10 % de sucrosa, el resto es ácido tartárico, ácido cítrico, mucílago y otros mucopolisacáridos. La semilla contiene aceite, ácidos grasos, albumen y almidón. En materia seca, la mayor composición de la pulpa y la piel son alcohol-carbohidratos solubles. La pulpa contiene glucosa 35 % y fructosa 29 %, mientras que la cáscara y semilla es de 5.1 % y 8.3 % y 11.8 % respectivamente. Las fibras de la pulpa son ricas en pectina (14.4 %), la cáscara y las semillas son ricas en celulosa (2.09 %) y contiene 3.4 % de potasio (El Kossori *et al.*, 1998).

La síntesis de ácidos ocurre principalmente a partir de azúcares. Las vitaminas solubles como la vitamina C (ácido ascórbico), lactona de un ácido azúcar, se encuentra en mayor proporción en la cáscara que en el jugo (naranja). Los ácidos se degradan por respiración o por conversión en azúcar, disminuyendo

durante la maduración a excepción del plátano y la piña (Gil, 2001). Algunas sales como el oxalato de calcio (muy encontrado en el nopal) y el bitartrato de potasio son importantes componentes del sabor (McConn y Nakata, 2004).

Los azúcares reductores provienen del almidón cuando se trata de frutos climatéricos, y de otras fuentes de reserva como hojas de la gluconeogénesis a partir de ácidos y lípidos, en frutos que solo acumulan azúcares hasta antes de ser cosechados la distribución de azúcares varia siendo la mayor concentración en la pulpa que en la cáscara y del centro del fruto a la periferia (Gil, 2001).

Con la finalidad de establecer las características de calidad que debe cumplir la tuna en estado fresco destinada al consumo humano, se tiene la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-30-1982, la cual contiene una clasificación por tamaño en función del diámetro ecuatorial del fruto y las especificaciones sensoriales, de madurez y de defecto, que determinan la calidad de la tuna. Igualmente considera las condiciones óptimas de marcado, etiquetado, envase y embalaje del fruto.

2.4. Manejo Poscosecha de la Tuna

La actividad metabólica de las tunas en poscosecha se considera baja por tratarse de frutos no climatéricos. Sin embargo, sufren deterioro causado principalmente por los daños, lesiones, infecciones patológicas ocasionadas

durante su corte y manejo poscosecha y las fisiopatías o enfermedades fisiológicas (daños por frío) causadas por la .frigoconservación cuando las bajas temperaturas y los tiempos de exposición rebasan los límites biológicos de cada especie y variedad. En el deterioro de las tunas también intervienen factores biológicos y ambientales que interactúan provocando efectos indeseables, que en ocasiones acaban rápidamente con la calidad del producto, por lo que a estos frutos se les considera altamente perecederos (Flores *et al.*, 1997).

El manejo poscosecha que se le da a la tuna es y ha sido desde el principio muy sencillo y poco tecnificado, sin embargo, el esquema productivo ha crecido y los sistemas de distribución y comercialización se han complicado, sobre todo para quienes tienen miras a la exportación, otros países como Italia, E.U.A. y Chile entre los más sobresalientes además de México han desarrollado tecnológicamente este manejo (Corrales, 2003).

La tuna presenta una vida poscosecha relativamente corta, en el caso del cultivar 'Alfajayucan' tiene una vida poscosecha de 10 días. Derivado de esto se han estudiado diversas técnicas de conservación en fresco de la tuna, como Álvarez (1982) quien con el uso del cladodio aislado permitió conservar en un 92.5 % la calidad de tuna por 75 días a temperatura ambiente; por otra parte, Adrisola (1996) uso atmósferas modificadas con 0 °C y 90 %HR evitando la deshidratación del fruto pero aumento pudriciones, se han probado tratamientos con baños hidrotérmicos (55 °C por 2min) y ceras, en tunas refrigeradas, encontrándose buenos resultados para reducir la incidencia de

podridones y pérdidas de humedad durante periodos de 45 días (Miltrovic, 2000). Se ha estudiado el procesamiento mínimo envasada en película plástica (PVC) a 2 °C (López, 2001) Con óptimos resultados para su incorporación en la amplia gama de productos hortofrutícola cortados en fresco, desde la última década han cobrado interés a nivel mundial.

Las causas de deterioro de la tuna pueden ser de origen biótico y abiótico, las primeras tienen que ver con el metabolismo del propio fruto, así como con el ataque de microorganismos y las segundas con el medio ambiente y el manejo que se le de. Aunque su actividad metabólica en términos de respiración es reducida, las tunas presentan un alto grado de perecibilidad, el cual se debe principalmente al daño ocasionado a la cáscara y a la zona peduncular durante la cosecha (Corrales, 1992).

Otro factor de deterioro, es el de las bajas temperaturas de refrigeración, que pueden llegar a causar desordenes fisiológicos denominados daños por frío, los cuales se manifiestan como pequeñas coloraciones oscuras superficiales oscuras y de un tono bronceado de la epidermis del fruto. La severidad de estos daños depende de algunos factores como la susceptibilidad de cada variedad, la temperatura, el tiempo de exposición y el nivel de humedad relativa en el almacén (Corrales, 2003).

2.5. Procesamiento Mínimo

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas son aquellas que se preparan para un consumo y distribución en un estado semejante al fresco; este procesamiento es corto si se le compara con los procedimientos tradicionales de conservación este puede ser calentamiento, esterilización, congelamiento, secado, etc. El procesamiento mínimo incluye operaciones unitarias de lavado, cortado, rebanado, mondado, descorazonado, pelado, y si es necesario empacar rápidamente (Cantwell, 1992). Cada operación unitaria debe ser llevada a cabo apropiadamente para mantener su calidad, alargar su vida de anaquel y que la seguridad del producto sea satisfactoria (Huxsoll y Bolin, 1989).

La demanda o consumo de estos productos tiende a incrementarse cada vez mas debido a la preferencia de los consumidores por las frutas y hortalizas con una calidad muy semejante a la de los productos fresco, los principales consumidores es la industria de alimentos, restaurantes, supermercados y tiendas de almacén, la creciente demanda de productos listos para consumir aumenta día con día a causa de consumir frutas y hortalizas frescas y de alta calidad (Yahia, 1992; Watada *et al.*, 1996).

El propósito de los productos mínimamente procesados es el de proporcionar al consumidor final un producto muy parecido al fresco con una vida prolongada al

mismo tiempo, garantizar la seguridad de los mismos, manteniendo una sólida calidad nutrimental y sensorial, se supone que las frutas y hortalizas mínimamente procesadas son productos que contiene tejidos vivos o que han sido modificados ligeramente de su estado fresco, siendo en su naturaleza y calidad semejante al fresco (Cantwell, 1992; Wiley 1997).

Ciertamente los productos mínimamente procesados ofrecen ventajas potenciales al consumidor como son la reducción del tiempo de preparación de alimentos, calidad mas uniforme, incrementa el acceso a nuevos mercados y requieren de menos espacio para su almacenamiento, transporte y comercialización (Wiley, 1997).

2.6. Calidad de Productos Mínimamente Procesados

Los productos mínimamente procesados se sabe son mas perecederos que productos frescos intactos , esto en consecuencia del daño ocasionado al tejido que resulta de las operaciones de pelado, cortado o rebanado, ya que se va incrementando la velocidad de las reacciones metabólicas que causan el deterioro del producto fresco (Cantwell, 1998; Rolle y Chism, 1987)

La calidad de productos mínimamente procesados es una combinación de atributos que determinan su valor como alimento humano, estas características incluyen apariencia visual (color, frescura y presencia de daños y pudriciones),



la textura (turgencia, firmeza e integridad del tejido), sabor, aroma, valor nutritivo. La Calidad final depende de gran manera del producto intacto al momento de iniciar la preparación, los métodos de preparación y de su manejo una vez procesado además de la limpieza propia antes de llegar al consumidor (Kader y Mitcham, 1998).

La vida de anaquel de los productos mínimamente procesados es de aproximadamente 7 y 14 días, en algunos casos de 21 días (Huxon y Bolin, 1989). Si queremos que se mantengan las excelentes cualidades sensoriales y nutritivas, es preferible el uso de bajas temperaturas durante la preparación, almacenamiento, distribución y comercialización (Huxon y Bolin 1989, Kader, 2005; McCarthy y Matews, 1997)

Kader y Mitcham (1998), mencionan que el procesado mínimo aumenta la velocidad de los procesos metabólicos que ocasionan el deterioro de las frutas y hortalizas como:

1. Piezas magulladas o rotas ocasionada por exceso de presión de tejidos
2. Marchites, arrugamientos y pérdida de turgencia ocasionada por pérdida de agua
3. Aspectos mucilaginoso por efecto de excesivo ablandamiento de tejido
4. Pérdida de intensidad de color debido a la degradación de pigmentos, oscurecimiento enzimático y desorden fisiológico.
5. Presencia de líquido libre en los empaques de productos cortados en fresco, asociado a la incidencia de patógenos

6. Presencia de olores indeseables debido a la acumulación de etanol, acetaldehído y acetato de etilo
7. Bolsas infladas debido al exceso de gases en recipientes sellados resultado de fermentación o deterioro del producto. El adecuado control de la temperatura durante el almacenamiento de las frutas y hortalizas mínimamente procesadas puede retardar el deterioro el producto...

Se han desarrollado procedimientos que ayuden controlar cambios por el deterioro de los productos mínimamente procesados.

2.7. Refrigeración

La cosecha no es la fase final de la vida de los productos hortofrutícolas, sino que son organismos vivos que experimentan una serie de procesos físicos, químicos y fisiológicos que controlan sus características cualitativas durante su manejo y comercialización (Saucedo, 1981).

La vida de almacenamiento, que varía desde pocos días hasta varias semanas, está controlada por una serie de factores entre los que se incluyen: la intensidad respiratoria, las diferentes reacciones de degradación o síntesis de las sustancias componentes del producto, las pérdidas de humedad por efecto de la transpiración, los daños de tipo mecánico o bien los ocasionados por diferentes microorganismos. Todos estos factores pueden estar estrechamente

relacionados y a su vez influenciados por la temperatura. Por lo que comprendiendo las causas de descomposición y sus relaciones con la disminución de la temperatura, es posible incrementar su vida útil (Saucedo, 1981).

El frío es una de las técnicas más ampliamente utilizada en el mundo para reducir el deterioro poscosecha de frutas y hortalizas frescas. El aumento de la temperatura tiene un efecto más que proporcional sobre el aumento de la respiración y con ello, sobre el deterioro. Adicionalmente, el uso del frío permite reducir la deshidratación, deprime el metabolismo de los frutos e inhibe el crecimiento de hongos y bacterias.

Muchos cambios ocurren en el empaque, manejo, transporte, distribución y comercialización de los productos hortícola, éstos están influenciados por los requerimientos de enfriamiento. Los nuevos empaques y materiales de empaque, métodos de empackado y procedimientos de palatización frecuentemente ocasionan más dificultad para llevar a cabo el proceso de enfriamiento. El deseo de alcanzar mercados más lejanos prolongando la vida de almacenamiento y vender un producto que satisfaga mejor al consumidor frecuentemente requiere de un enfriamiento más uniforme y rápido (Kader, 1998).

En frutas de tuna se han realizado experimentos para determinar cual es la temperatura optima para aplicar frío así como el tiempo de almacenamiento optimo, Ayala y Espinosa, (1998), realizaron una evaluación en frutas de tuna a dos diferentes temperaturas (4 y 10°C) y a tres periodos de almacenamiento (10, 20 y 30 días) encontrando que se puede conservar a 10 °C durante un periodo máximo de 10 días y cuando esta temperatura se reduce a 4 °C.

Por otra parte Andrade y Bernabé (1996), sometieron a frigoconservación 6 variedades de tuna, encontrando que conforme se aumenta el tiempo poscosecha, disminuye la cantidad de sólidos solubles durante un mes de conservación a 9+/- 1 °C.

Kader (2005), recomendó que para que no se presenten daños por frío en frutas de tuna no deben exponerse a temperaturas menores a 5 °C por unos pocos días, estos daños se caracterizan tanto por la presencia de depresiones o picado "pitting" y manchas de color pardo en la superficie de la fruta, como por una mayor susceptibilidad a pudriciones. Sin embargo, un acondicionamiento de la fruta a 38 °C (101 °F) por 24 horas reduce la incidencia y severidad de daño por frío, siempre que sea seguido por un manejo a temperaturas menores a 5 °C.

En general todos los productos mínimamente procesados pueden ser almacenados a temperaturas cercanas a 0 °C para mantener su calidad y vida de anaquel, aunque algunas frutas y hortalizas precortadas tiene que manipularse a temperaturas mas altas a fin de evitar las lesiones producidas por las bajas temperaturas (Cantwell 1996, Rolle y Chism, 1987, Kader 2005).

2.7.1. Aplicación de Frío en Mínimos Procesados

Cantwell (1996), mencionó que todos los productos mínimamente procesados deben mantenerse cerca de 0 °C para mantener su calidad de anaquel e indica que mientras el almacenamiento de productos intactos entre 0 y 5 °C no hace mucha diferencia en la vida de anaquel, en los productos mínimamente procesados hay diferencias sustanciales si el producto se almacena cerca de 0 °C con respecto del que se almacena a 5 °C . Este criterio es aplicable a los productos sensibles a daños por frío como los chiles; así mismo puntualiza que el valor de las bajas temperaturas para controlar la alta velocidad de deterioro originada por el cortado es aparentemente mayor que el daño por frío inducido lentamente por temperaturas menores a los 7.5 °C y anota como recomendación general el mantener el producto mínimamente procesado tan frío como sea posible. De la misma manera Watada *et al.* (1996) señaló que la respuesta al daño por frío depende de la temperatura de almacenamiento debido a que la velocidad de las reacciones se reducen de 2 a 3 veces al disminuir 10 °C la temperatura.

2.7.2. Daños por frío

Las temperaturas de almacenamiento de los diversos tipos de productos hortofrutícolas son muy variables, dependiendo de las características de estos. Los frutos cuando se almacenan a bajas temperaturas, sin llegar al punto de congelación, son susceptibles de presentar una serie de alteraciones en el desarrollo de sus procesos metabólicos normales, que incluyen la muerte de pequeñas partes del tejido, desarrollo de aromas desagradables, manchado de la piel o pulpa, cambios físicos y químicos entre otros. A este conjunto de anomalías ocasionadas por las bajas temperaturas se le llama daños por frío. Desorden que no solo reduce la calidad nutricional, organoléptica y de apariencia, sino que también acelera su deterioro (Pantastico, 1984).

Cada especie y variedad tiene una temperatura crítica de almacenamiento frigorífico, debajo del cual ocurren los daños por frío; así mismo, existe un periodo crítico de exposición arriba del cual se presenta este desorden fisiológico. Tanto el grado de síntomas como el grado de severidad que se presenta en un producto dado, varían dependiendo de la temperatura y el tiempo de exposición así como de la especie, variedad, estado de madurez, (Pantastico, 1984).

2.8. Atmósferas Modificadas

Las atmósferas modificadas (AM) se generan con empaques cuyas paredes o fronteras se forman de películas poliméricas. En el interior se coloca el material biológico a conservar, que interacciona con la mezcla de gases que lo rodean, al absorber O_2 y liberar CO_2 , fundamentalmente. Por otro lado, la evidencia empírica ha demostrado que todas las películas poliméricas son permeables a los gases en diferente grado (permeación selectiva) (Stern, 1979), de forma que en un sistema de atmósfera modificada, ocurre un intercambio gaseoso entre el ambiente circundante al fruto y el externo al empaque. Estos dos tipos de interacción dan como resultado una modificación de la mezcla gaseosa que rodea el fruto, lo que origina el nombre de esta tecnología de almacenamiento (Brody, 1989; Romajaro *et al.*, 1996). Al cabo de cierto tiempo, las velocidades de consumo o producción de los componentes gaseosos por parte del fruto se igualan con las velocidades de intercambio a través del polímero, y entonces, la composición gaseosa dentro del empaque alcanza un valor constante, llamado concentración de régimen estacionario (Gong y Corey, 1994; Talasila *et al.*, 1994; Cameron *et al.*, 1995).

El almacenamiento de frutas y hortalizas en sistema AM permite un mayor tiempo de vida útil del producto fresco. Con base en la revisión de diversas experiencias, Kader (1998), señala que la exposición de un fruto a un ambiente con concentraciones de O_2 y CO_2 menor o mayor a 5 kPa, respectivamente,

causa una disminución de la tasa respiratoria, reducción de la tasa de producción y acción de etileno, reducción de la degradación de clorofila y síntesis de antocianinas y carotenoides, reducción de la actividad de enzimas como fenilalanina amonioliasa, polifenoloxidasas y las relacionadas con los procesos de ablandamiento, retardo en pérdida de acidez e incremento de la resistencia de daños por frío.

2.8.1. Influencia del Oxígeno.

El transporte de electrones que ocurre en la membrana interna mitocondrial, como parte de la cadena Terminal respiratoria, culmina con la transferencia de dos de ellos al complejo fotocromo-oxidasas, que eventualmente reduce oxígeno para formar agua (Elthon y Stewuat, 1983); la disminución de la disponibilidad del gas ocasiona una reducción de la velocidad de transporte mencionado y en consecuencia una reducción del proceso respiratorio (Taiz y Zeiger, 1998). Burg y Burg (1967) señalaron que la reducción de la presión parcial interna de O_2 a valores de 0.25 kPa, ocasiona que el consumo del mismo gas en la cadena transportadora de electrones se reduzca a la mitad. En espárrago, Silvia *et al.* (1997) verificaron que la respuesta al oxígeno depende de una gran medida del nivel de presión parcial presentada en el ambiente; encontraron que entre 0.6 y 16 kPa algunas enzimas glicolíticas experimentan cambios notables; asimismo, establecieron que el intervalo de afectación puede ser dividido en dos zonas: una en la que se puede sostener un metabolismo activo (zona homeostática) y otra en la que lo anterior no ocurre (zona crítica); para el producto mencionado

establecieron que la zona homeostática se extiende por arriba de 2.5 kPa de presión parcial y sugirieron que entre 2.5 y 4.5 kPa, aproximadamente, existe una zona elástica de estrés, donde la reducción de O_2 con el consumo de O_2 . Por debajo de los niveles marcados se produce una caída en los niveles energéticos, disminuye la actividad enzimática y se induce la fermentación como único medio restante para producir la energía necesaria. Plaxton (1996), postulo que la presencia de las zonas homeostáticas y crítica está relacionada con el efecto del O_2 sobre la actividad de la enzima piruvato quinasa, que constituye un punto de control importante y cataliza el paso final de la glicólisis.

La reducción de la concentración de O_2 afecta la producción de etileno. De acuerdo con Burg y Burg (1967), cuando la presión parcial de O_2 se reduce a aproximadamente 2.8 kPa, la respuesta al etileno es reducida a un 50 %. Yang y Hoffman (1984), determinaron que la producción de esta gas a partir del ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) es una reacción catalizada por una ACC oxidasa fuertemente dependiente de oxígeno que se inhibe en bajas concentraciones del mismo.

2.8.2. Influencia del Dióxido de Carbono

La exposición de un fruto a altas concentraciones de CO_2 puede tener efectos estimulatorios o inhibitorios dependiendo de la sensibilidad al gas, la concentración en la atmósfera, el estado fisiológico y la duración de la

exposición. En peras expuestas a ambiente con 10 % de CO₂ se encontró que el gas causa la inhibición de una enzima fosfofructoquinasa a nivel de proceso glicolítico (Kerbel *et al.*, 1988). Se ha demostrado en experimentos con manzana que la exposición a concentraciones altas de CO₂ en condiciones aeróbicas, induce reducción de actividad en enzimas del ciclo de los ácidos tricarboxílicos (TCA) (Mathooko, 1996). El CO₂ afecta la producción de etileno, por alteración de las actividades de la enzima ACC sintasa y ACC oxidasa en la ruta de biosíntesis del gas (Mathooko, 1996). A partir de experimentos realizados sobre discos de peras, Chávez y Kader (1993) encontraron tasas menores de producción de etileno y actividades menores de ACC sintasa y ACC oxidasa en condiciones de almacenamiento de aire más 5 a 20 % de CO₂. también se ha verificado que, dependiendo de la concentración interna de CO₂ en el tejido, el gas es un agente inhibidor del mecanismo de acción del etileno, pues compite por un sitio activo de unión con una metalproteína (Mathooko, 1996). En este proceso, el CO₂ puede actuar conjuntamente con otro inhibidor de la acción del etileno, el 1-metilciclopropeno (Serek *et al.*, 1995).

2.8.3. Propiedades de Materiales Plásticos

El desarrollo de un sistema de atmósfera modificada depende fuertemente de la capacidad de intercambio gaseoso de la película plástica que se usa como empaque. De acuerdo con Koros y Chern (1987), el fenómeno del flujo selectivo de gases a través de membranas poliméricas fue descrito desde el siglo XIX

como un proceso de permeación, que involucra un mecanismo de solución-difusión, donde el gas se disuelve primero en el polímetro y luego fluye a través de él, de manera semejante a la difusión de los líquidos. A la capacidad de una película para transportar un gas de uno de sus lados al otro, se le ha denominado permeabilidad, expresada por el producto del coeficiente de difusividad del gas penetrante en el polímero.

Diversos autores han reportado valores de permeabilidad para diferentes componentes gaseosos en diferentes materiales plásticos. Los Cuadros 2, 3 y 4 describen los valores correspondientes de vapor de agua, oxígeno, y dióxido de carbono, respectivamente.

2.9. Atmósferas Modificadas en Productos Mínimamente Procesados

El uso de empaques con atmósferas modificadas (AM) en la preservación poscosecha es una técnica importante para reducir pérdida y mantener la calidad a través del sistema de distribución. AM, es una modificación en la atmósfera que interviene entre el proceso natural de respiración de los productos y el intercambio de CO_2 a través del empaque (Fonseca *et al.*, 2000).

Los bajos niveles del O_2 y los altos niveles del CO_2 en AM, pueden reducir potencialmente la tasa de respiración, la sensibilidad y la producción de etileno, como resultado se puede ampliar la vida de almacenaje del producto fresco (Fonseca *et al.*, 2000).

La atmósfera controlada (CA) puede ayudar a extender la vida de diversos frutos y vegetales enteros, pero probablemente esto no se puede usar con los productos frescos cortados por el corto periodo de manejo. Sin embargo el uso de películas en productos frescos cortados puede llegar a modificar la atmósfera, y la atmósfera modificada (MA) puede tener efectos similares a la CA cuando hay una mezcla de gases similares. Los beneficios de las atmósferas modificadas han sido reportadas por otros científicos. El ácido ascórbico y el contenido de clorofilas se mantuvo y la actividad peroxidasa fue reducida en brócoli, cuando la atmósfera interna del empaque fue menor a 9 % de CO₂ y 3 % de O₂ y el pardeamiento en calabacitas fue suprimido cuando se incrementó el CO₂ (Watada *et al.*, 1996).

Cuadro 2. Permeabilidad de diferentes materiales al vapor de agua.

Material	Permeabilidad
Acetato de celulosa	1163-1395 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹ 220000 mol·m·s ⁻¹ ·m ⁻² ·kPa ⁻¹
Cloruro de polividieno	31 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹
Cloruro de polivinilideno	1.5-5 g·m ⁻² ·día ⁻¹ 37.8 °C y 90 %HR
Cloruro de polivinilo	140-171 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹ 3900 mol·m·s ⁻¹ ·m ⁻² ·kPa ⁻¹
Copolimero acetato de vinilo	60 g·m ⁻² ·día ⁻¹ 37.8 °C y 90 %HR
Etilcelulosa	310 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹
Foil de almino laminado	0.48 g·m ⁻² ·día ⁻¹ 37.8 °C y 90 %HR
Goma hidrocolada	>8 g·m ⁻² ·día ⁻¹ 37.8 °C y 90 %HR
Laminado de poliamida	5-7 g·m ⁻² ·día ⁻¹ a 23 °C
Lonómero	23-30 g·m ⁻² ·día ⁻¹ 37.8 °C y 90 %HR
Metil celulosa	31000 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹
Nylon-6	126 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹
Policarbonato	10.9-17.1 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹
Poliestireno	1000-26000 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹ 108.5-155 g·m ⁻² ·día ⁻¹ 37.8 °C y 90 %HR
Polietileno alta densidad	4-10 g·m ⁻² ·día ⁻¹ 37.8 °C y 90 %HR
Polietileno baja densidad	868 mol·m·s ⁻¹ ·m ⁻² ·kPa ⁻¹ 5-7 g·m ⁻² ·día ⁻¹ a 23 °C 8.77 g·m ⁻² ·día ⁻¹ a 38 °C 7700-77000 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹ 6-23.2 g·m ⁻² ·día ⁻¹ 37.8 °C y 90 %HR
Polietileno media densidad	8-15 g·m ⁻² ·día ⁻¹ 37.8 °C y 90 %HR
Polipropileno	280 mol·m·s ⁻¹ ·m ⁻² ·kPa ⁻¹ 7.67 g·m ⁻² ·día ⁻¹ a 38 °C 7700-21000 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹ 4-10.8 g·m ⁻² ·día ⁻¹ 37.8 °C y 90 %HR
Polipropileno orientado	6.61 g·m ⁻² ·día ⁻¹ a 38 °C

Fuente: Koros y Chern (1987); Serek et al., (1995); Mathooko (1996); Kerbel et al. (1988); Parry (1995); Plaxton (1996); Elthon y Stewuat (1983); Gong y Corey (1994); Talasila et al. (1994); Cameron et al. (1995).

Cuadro 3. Permeabilidad de distintos materiales a oxígeno

Material	Permeabilidad
Acetato de celulosa	184-2325 mL•mm•m ⁻² •día ⁻¹ •atm ⁻¹ 10 mol•m•s ⁻¹ •m ⁻² •kPa ⁻¹
Cloruro de polividieno	15.5 mL•mm•m ⁻² •día ⁻¹ •atm ⁻¹
Cloruro de polivinilideno	8.26 cm ³ •m ⁻² •día ⁻¹ con Δp=1 atm
Cloruro de polivinilo	0.19 mol•m•s ⁻¹ •m ⁻² •kPa ⁻¹ 620-2248 mL•mm•m ⁻² •día ⁻¹ •atm ⁻¹ 620-2248 cm ³ •m ⁻² •día ⁻¹ con Δp=1 atm
Copolimero acetato de vinilo	8000-13000 cm ³ •m ⁻² •día ⁻¹ con Δp=1 atm
Etilcelulosa	31000 mL•mm•m ⁻² •día ⁻¹ •atm ⁻¹
Goma hidrocolada	130-1300 cm ³ •m ⁻² •día ⁻¹ con Δp=1 atm
Laminado de poliamida	5-7 g•m ⁻² •día ⁻¹ a 23 °C
Lonómero	3500-7500 cm ³ •m ⁻² •día ⁻¹ con Δp=1 atm
Metil celulosa	1240 mL•mm•m ⁻² •día ⁻¹ •atm ⁻¹
Nylon-6	15.5 mL•mm•m ⁻² •día ⁻¹ •atm ⁻¹
Policarbonato	13950-14725 mL•mm•m ⁻² •día ⁻¹ •atm ⁻¹
Poliestireno	2600-7700 mL•mm•m ⁻² •día ⁻¹ •atm ⁻¹ 2000-7700 cm ³ •m ⁻² •día ⁻¹ con Δp=1 atm
Polietileno alta densidad	520-400 cm ³ •m ⁻² •día ⁻¹ con Δp=1 atm
Polietileno baja densidad	27 mol•m•s ⁻¹ •m ⁻² •kPa ⁻¹ 40-50 mL•m ⁻² •día ⁻¹ a 23 °C 3900-13000 cm ³ •m ⁻² •día ⁻¹ con Δp=1 atm 8900-13000 mL•mm•m ⁻² •día ⁻¹ •atm ⁻¹
Polietileno media densidad	2600-8293 cm ³ •m ⁻² •día ⁻¹ con Δp=1 atm
Polipropileno	9 mol•m•s ⁻¹ •m ⁻² •kPa ⁻¹ 1300-6400 cm ³ •m ⁻² •día ⁻¹ con Δp=1 atm 1300-6400 mL•mm•m ⁻² •día ⁻¹ •atm ⁻¹

Fuente: Koros y Chern (1987); Serek et al., (1995); Mathooko (1996); Kerbel et al. (1988); Parry (1995); Plaxton (1996); Elthon y Stewuat (1983); Gong y Corey (1994); Talasila et al. (1994); Cameron et al. (1995).

Cuadro 4. Permeabilidad de distintos materiales a dióxido de carbono.

Material	Permeabilidad
Acetato de celulosa	13300-15500 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹ ·atm ⁻¹ 348 mol·m·s ⁻¹ ·m ⁻² ·kPa ⁻¹
Cloruro de polividieno	59 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹ ·atm ⁻¹
Cloruro de polivinilideno	8.26 cm ³ ·m ⁻² ·día ⁻¹ con Δp=1 atm
Cloruro de polivinilo	0.65 mol·m·s ⁻¹ ·m ⁻² ·kPa ⁻¹ 4263-8138 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹ ·atm ⁻¹ 4263-8138 cm ³ ·m ⁻² ·día ⁻¹ con Δp=1 atm
Copolimero acetato de vinilo	35-53000 cm ³ ·m ⁻² ·día ⁻¹ con Δp=1 atm
Etilcelulosa	77500 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹ ·atm ⁻¹
Goma hidrocolada	520-5200 cm ³ ·m ⁻² ·día ⁻¹ con Δp=1 atm
Lonómero	9700-17800 cm ³ ·m ⁻² ·día ⁻¹ con Δp=1 atm
Metil celulosa	62000 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹ ·atm ⁻¹
Nylon-6	31 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹ ·atm ⁻¹
Policarbonato	3250-26350 mL·mm·m ⁻² ·día ⁻¹ ·atm ⁻¹
Poliestireno	10000-26000 cm ³ ·m ⁻² ·día ⁻¹ con Δp=1 atm
Polietileno alta densidad	3900-10000 cm ³ ·m ⁻² ·día ⁻¹ con Δp=1 atm
Polietileno baja densidad	99 mol·m·s ⁻¹ ·m ⁻² ·kPa ⁻¹ 7700-77000 cm ³ ·m ⁻² ·día ⁻¹ con Δp=1 atm
Polietileno media densidad	7700-38750 cm ³ ·m ⁻² ·día ⁻¹ con Δp=1 atm
Polipropileno	58 mol·m·s ⁻¹ ·m ⁻² ·kPa ⁻¹ 7700-21000 cm ³ ·m ⁻² ·día ⁻¹ con Δp=1 atm

Fuente: Koros y Chern (1987); Serek et al., (1995); Mathooko (1996); Kerbel et al. (1988); Parry (1995); Plaxton (1996); Elthon y Stewuat (1983); Gong y Corey (1994); Talasila et al. (1994); Cameron et al. (1995).

La conservación en AM es muy utilizadas en frutas y hortalizas minimamente procesadas, el producto se encierra en un empaque de plástico de permeabilidad determinada y debido al proceso de respiración se modifica la

composición de la atmósfera interna inicial, empobreciéndose en O_2 y enriqueciéndose en CO_2 y vapor de agua. El concepto básico de envasado de alimentos frescos en atmósferas modificadas es la sustitución del aire que rodea al alimento, con una mezcla de gases en proporción diferente a la del aire (Parry, 1995)

Se dispone de películas con permeabilidades muy diferentes al O_2 y CO_2 . Por lo general las películas son mas permeables al CO_2 que a la tasa de agotamiento de oxígeno procedentes de la respiración. El polietileno es bastante permeable y no es apropiado para emplearlo en empaques sellados. Aun películas más permeables como el acetato de celulosa y el PVC pueden tener una permeabilidad inadecuada para su empleo en paquetes sellados para productos que respiran a temperaturas elevadas. En un empaque que no se permite la salida de gases, todo el O_2 libre se consume en un corto tiempo. La respiración se vuelve anaeróbica y se producen volátiles como el etanol y el acetaldehído. El volumen de gases aumentan y el paquete se hincha, con frecuencia, en paquetes impermeables conservados a temperatura ambiente se encuentran concentraciones dañinas de CO_2 (mayores de 20 %) (Pantastico, 1979).

2.10. Uso de Empaque en Atmósferas Modificadas

Uno de los principales efectos de la atmósfera modificada sobre el metabolismos de frutas y hortalizas es el descenso de la tasa respiratoria con

una disminución en el consumo de sustrato, producción de CO_2 , consumo de O_2 y desprendimiento de calor, como resultado se frena el metabolismo e incrementa la vida de conservación (Romojaro *et al.*, 1996; citado por López, 2001).

El concepto básico de envasado de alimentos frescos en atmósferas modificadas es la sustitución del aire que rodea al alimento, con una mezcla de gases con una proporción diferente a la del aire (Parry, 1995).

El uso de empaques con atmósferas modificadas (MAP) en la preservación poscosecha es una técnica importante para reducir y mantener la calidad a través del sistema de distribución. MAP, es una modificación en la atmósfera que interviene entre el proceso natural de productos de respiración e intercambio de CO_2 a través del empaque (Fonseca *et al.*, 2000).

Debido a la respiración, hay una acumulación del dióxido de carbono (CO_2) y de un agotamiento del oxígeno (O_2) que es regulado por el intercambio del gas a través del paquete para, en el equilibrio, entonces alcanzar los O_2 adecuados y las concentraciones del CO_2 (Fonseca *et al.*, 2000).

Los bajos niveles del O_2 y los altos niveles del CO_2 en MAP pueden reducir potencialmente la tasa de respiración, la sensibilidad y la producción de etileno, como resultado se puede ampliar la vida de almacenaje del producto fresco (Fonseca *et al.*, 2000).

Fonseca *et al.* (2000), mencionaron que aunque películas plásticas flexibles son ampliamente utilizadas en MAP, estos materiales tienen algunas limitaciones debido a sus características de la estructura y de la impregnación como los que a continuación se mencionan:

- Las películas no son bastante fuertes para los paquetes grandes las características de la permeabilidad de la película cambian imprevisible cuando se estiran o se pinchan las películas.
- Algunas películas son barreras relativamente buenas al vapor de agua, causando la condensación dentro de los paquetes cuando ocurren las fluctuaciones de la temperatura hay susceptibilidad al crecimiento microbiano.
- La permeabilidad de la película puede ser afectada por la condensación del agua. la uniformidad de las características de la impregnación de películas no es todavía satisfactoria.
- La permeabilidad de la película es baja para los productos de respiración altos, y los productos que requieren altas concentraciones de CO_2/O_2 se pueden exponer a la anaerobiosis.

Las limitaciones de las películas plásticas, esta desarrollando amplio interés en MAP para (i) los paquetes a granel, (ii) los productos de respiración altos, y/o (iii) frescos cortados; por lo cual está conduciendo al desarrollo de los nuevos materiales y sistemas (Fonseca *et al.*, 2000).

Entre las películas comúnmente empleadas, para el envasado en atmósferas modificadas se incluyen: cloruro de polivinilo, polipropileno, poliestireno y polietileno que son utilizadas para proporcionar el medio sellado, en los que sus propiedades de barrera dependen del espesor (Greengras, 1995).

El polietileno es la película polimérica mas usada para el empaque de productos, ya que ofrece las ventajas de ser inerte, permeable al O_2 y CO_2 , etileno y comparativa baja permeabilidad al vapor de agua (Nur *et al.*, 2003). La vida útil alcanzable por un producto empaquetado en atmósfera modificada es inversamente proporcional a la intensidad de respiración (Greengras, 1995).

Es importante que las películas plásticas utilizadas en el empaque en atmósferas modificadas de productos frescos y de productos mínimamente procesados tengan una relación de permeabilidad de CO_2 a O_2 relativamente alta. De esta forma se permitirá una disminución de la concentración de CO_2 dentro del envase (Kader, 2002).

La alta humedad relativa mantiene la turgencia en los tejidos de frutas y hortalizas, si bien puede originar procesos de condensación en la presentación

del producto, creando condiciones favorables para el crecimiento microbiano (Kader, 2002).

Pantastico (1979) que se dispone de películas con permeabilidades muy diferentes al O_2 y CO_2 . Por lo general las películas son mas permeables al CO_2 que a la tasa de agotamiento de oxígeno procedentes de la respiración. El polietileno es bastante permeable y no es apropiado para emplearlo en empaques sellados. Aun películas más permeables como el acetato de celulosa y el PVC pueden tener una permeabilidad inadecuada para su empleo en paquetes sellados para productos que respiran a temperaturas elevadas.

En un empaque que no permite la salida de gases, todo el O_2 libre se consume en un corto tiempo. La respiración se vuelve aeróbica y se producen volátiles como el etanol y acetaldehído. El volumen de gases aumenta y el paquete se hincha, con frecuencia, en paquetes impermeables conservados a temperaturas ambiente se encuentran concentraciones dañinas de CO_2 (mayores de 20 %) (Pantastico, 1979).

El empaque de productos mínimamente procesados son películas poliméricas permeables y contenedores semirígidos en donde se requieren concentraciones reducidas de O_2 y elevadas de CO_2 en la atmósfera del empaque, disminuyendo los cambios degradativos de la calidad e incrementa la vida de anaquel del producto (López, 2001)

Viña *et al.* (2004), evaluaron diferentes temperaturas (0, 4 y 10 °C) y tiempo de muestreo para determinar la capacidad antioxidante de apios cortados, los cuales se empacaron en bandejas de poliestireno y se sellaron con películas de PVC. Las muestras se tomaron a 0, 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento para determinar fenoles totales, ácido clorogénico y ácido ascórbico. El poder antioxidante presento comportamiento similar para las tres temperaturas probadas, decreciendo después de 7 días, luego hubo un incremento al día 14. Este incremento coincide con el incremento de ácido ascórbico, el cual fue aumentando al incrementarse la temperatura.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

Los frutos se trasladaron en cajas de plástico, a las cámaras frigoríficas del laboratorio de Fisiología de Frutales del Departamento de Fitotecnia en la Universidad Autónoma Chapingo, donde se procedió almacenarlos a 5 °C y a realizar procesamiento mínimo a los frutos que serían sometido a este tratamiento en el día cero.

3.2. Material Vegetal

Para la realización del presente estudio se utilizaron dos cultivares de tuna; 'Alfajayucan' (*Opuntia albicarpa*) y 'Solferino' (*Opuntia ficus-indica*), provenientes del municipio de San Martín de las Pirámides, Estado de México. Las frutas de tunas fueron cosechadas en el mes de agosto 2006, realizándola de manera manual como se hace en la región, el índice de cosecha fue el recomendado de la región en cuanto a su tamaño y

coloración externa característica de cada fruto esto con el fin de tener uniformidad de la muestra.

3.3. Características del Material de Empaque

El material de empaque utilizado fueron charolas de unicel de poliestireno y película plástica Pliofilm (polietileno de baja densidad).

La característica de permeabilidad de la película plástica fue: al O_2 de $27 \text{ mol}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{kPa}^{-1}$; al CO_2 de $99 \text{ mol}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{kPa}^{-1}$; y al vapor de agua de $868 \text{ mol}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{kPa}^{-1}$

3.4. Realización de la Tuna Mínimamente Procesada

Las tunas de los dos cultivares fueron almacenadas a 5°C y se les realizó procesado mínimo con el procedimiento siguiente: las tuna intactas fueron lavadas con agua, inmediatamente después se realizó una desinfección la cual consistió en una inmersión de la fruta por un tiempo de 10 minutos a solución de agua con hipoclorito de sodio a $1 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$, así como todo el material utilizado durante la elaboración del producto mínimamente procesado.

La eliminación de la cáscara se llevo acabo con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable. Las tunas mondadas se escurrieron y se secaron con manta, el

empacado de realizó en charolas de poliestireno en la que se colocaron cuatro frutas para ser distribuidos en diferentes tratamientos, envolviéndose con plástico pliofilm (polietileno de baja densidad), En la Figura 1, se muestra el diagrama de flujo de las diferentes fases para la realización del mínimo proceso llevado a cabo en el experimento.

3.5. Fase Experimental

Para la fase experimental a las tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' se le realizó mínimo proceso en cuatro diferentes periodos a las 0, 1, 2 y 3 semanas después de haber permanecido en almacenamiento a 5 °C, así mismo se utilizó la aplicación de recubrimiento plástico o sin él, y dos periodos de almacenamiento del producto ya procesado, a 2 y 0 °C, todo lo anterior conformó un diseño factorial 4X2X2X2, teniendo como resultado un total de 32 tratamientos (Cuadro 4).

3.5.1. Unidad Experimental

La unidad experimental fue una charola de poliestireno con cuatro frutas, utilizando un total de cuatro repeticiones por tratamiento. Para la medición de las variables respuestas cada tratamiento fue evaluado a los 0, 2, 4, 6 y 8 días después de cada fecha establecida para aplicar el mínimo procesado.

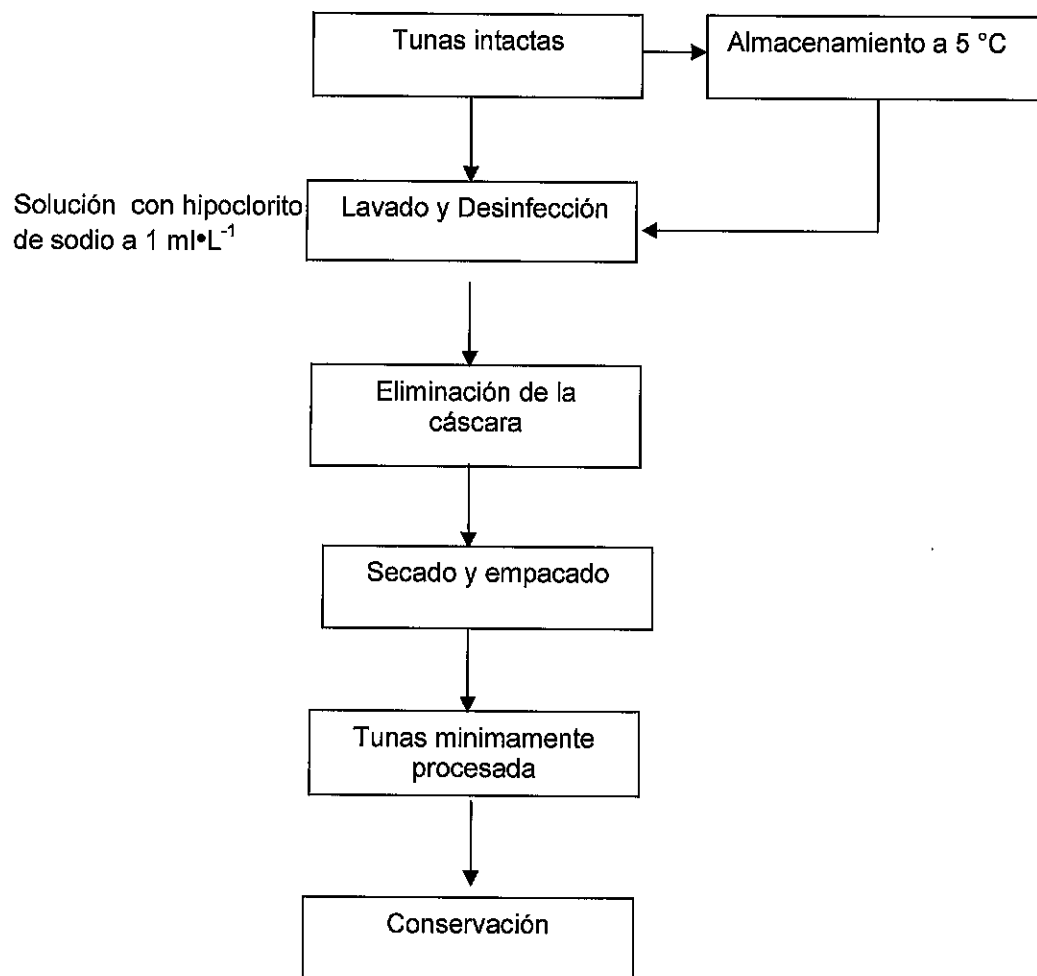


Figura 1. Diagrama de flujo de la aplicación de mínimo procesado en tuna.

Cuadro 5. Tratamientos realizados durante el experimento de tunas mínimamente procesadas.

	Tuna 'Alfajayucan'				Tuna 'Solferino'			
	20 °C		0 °C		20 °C		0 °C	
Semana de proceso	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP
0	T1	T5	T9	T13	T17	T21	T25	T29
1	T2	T6	T10	T14	T18	T22	T26	T30
2	T3	T7	T11	T15	T19	T23	T27	T31
3	T4	T8	T12	T16	T20	T24	T28	T32

CP: con aplicación de película plástica; SP: sin la aplicación de película plástica

3.6. Variables Respuestas

Las variables respuestas que se consideraron como parámetro de calidad fueron color (brillantez, cromaticidad y ángulo Hue), pérdida de peso, firmeza, concentración de sólidos, vitamina C, conductividad eléctrica y acidez titulable.

3.6.1. Color

El color en la pulpa se determinó empleando un colorímetro Color Tec-PCM (Cole Palmer, USA) para obtener las dimensiones Hunter iniciales y finales "L", "a" y "b".

Donde L define la luminosidad o brillantez de la muestra cuyos valores varían desde 0 que representa colores totalmente oscuros (negro) hasta 100 que representa colores de máxima brillantes (blanco), "a" mide la diferencia entre la

luz reflectada por la muestra en la zona de rojo a verde, donde los valores negativos de "a" indican tonalidades verdes mientras que los positivos indican tonalidades rojas. El parámetro "b" mide la diferencia entre la luz reflectada en la zona de amarillo a azul, donde los valores negativos definen tonalidades azules, en tanto que valores positivos indican tonalidades amarillas (Minolta 1994).

La medición de color se efectuó en la parte superior del fruto. Para calcular los siguientes parámetros:

Ángulo de matiz Hue (°). Se calculó mediante la siguiente fórmula.

$$TONALIDAD = \text{Arc tan}(b * a^{-1}) \text{ ó } \tan^{-1} \frac{b}{a}$$

Cromaticidad . Se calculó mediante la siguiente fórmula

$$cromaticidad = (a^2 + b^2)^{\frac{1}{2}} \text{ ó } \sqrt{a^2 + b^2}$$

Brillantez. Es el dato directo de "L" Hunter que registra el colorímetro.

3.6.2. Firmeza

La resistencia a la penetración se registró mediante un penetrómetro digital Compact Gauge (Cole palmer, USA) montado en una prensa manual, con punta en forma de cono, altura 0.6 mm y base 0.7 mm. La medición se tomó en una fruta de tuna mínimamente procesada en su parte media y se registró en N.

3.6.3. Pérdida Fisiológica de Peso

Este parámetro se determinó con ayuda en una balanza digital ADAM ACD PLUS-1000, en base a la diferencia de peso entre el inicial y el que se tendrá en final de cada tratamiento, se estimaron las pérdidas mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdida fisiológica de peso (\%)} = \frac{(\text{peso inicial} - \text{peso final})100}{\text{peso inicial}}$$

3.6.4. Sólidos Solubles Totales

Se determinó con ayuda de refractómetro digital portátil PAL-1 (ATAGO, USA) Utilizando una escala de 0-53°, expresado de °Bx a 20 °C y previamente calibrado con agua destilada. Para lo cual se ocupó jugo de la fruta obtenido al exprimir la pulpa del tratamiento evaluado.

3.6.5. Acidez Titulable

Se determinó empleando el método escrito en el manual AOAC (1980) que se basa en la titulación de 10 ml de muestra de jugo filtrado, con NaOH 0.1 N, y se expresó el resultado en porcentaje de ácido cítrico mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Ácido cítrico (\%)} = \frac{(\text{ml de NaOH}) (N) (0.064)}{\text{Peso de muestra}}$$

Donde:

ml de NaOH: ml gastados de NaOH en la titulación.

N: normalidad del NaOH

0.064: miliequivalentes del ácido cítrico ($\text{mg} \cdot \text{meq}^{-1}$)

Ácido cítrico (%): expresado en porcentaje P:V.

3.6.6. Vitamina C

La determinación de la vitamina C fue determinada a través del método Tillman, propuesta por la AOAC 1990, la cual consistió en:

Preparación de reactivos:

- Solución de ácido oxálico 0.5 %: disolver 5 g de ácido oxálico en 500 ml de agua destilada disolver y aforar a 1000 ml

- Solución de Tillman: (DFI-2,6 diclorofenol indofenol) 0.02 %: Triturar 100 mg de DFI en pequeñas porciones de agua destilada a 60 °C y filtrar hasta alcanzar un volumen de 400 ml agregar 250 mg de NaHCO_3 .
- Solución patrón: Pesar 0.005 g de DFI y aforar a 50 ml con ácido oxálico.
- Tomar 5 g de pulpa (muestra) y homogeneizar con 50 ml de ácido oxálico (0.5 %).
- Tomar una alícuota de 5 ml de la solución y titular con la solución de Tillman hasta que el color rosa permanezca visible. Para la cuantificación esta variable fue necesario conocer la concentración de vitamina C en las muestras, de manera que, con fines de cálculo se procedió a la elaboración de una curva tipo, la cual consiste en:
 - Tomar una alícuota de 5 ml de solución patrón a diferentes concentraciones y titular con la solución de Tillman que se preparó.
 - Los valores de "y" corresponden al gasto de la solución de Tillman utilizada en la titulación de la muestra de tuna.
 - El resultado expresó los μg de vitamina C contenida en 5 g (que es la muestra de fruta utilizada), sin embargo, el contenido de vitamina C se debe indicar en $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ de peso fresco, por lo que fue necesario realizar la conversión respectiva.

El fundamento de esta técnica es: puesto que el ácido ascórbico es un agente reductor, esta características se utiliza en diversas metodologías para su cuantificación. El colorante que mayormente se utiliza es el 2,6 diclorofenol

(DCFIF). Este colorante es azul en solución básica y rosa en solución ácida. Estando en contacto con el ácido ascórbico se lleva a cabo las siguientes reacciones.

Reacción 1: $\text{DCFIF}-(\text{azul})-\text{H}^{+1} \longrightarrow \text{DCPIPH}$

Reacción 1: $\text{DCFIF} (\text{rosa}) + \text{ácido ascórbico} \longrightarrow \text{DCPIPH}_2 + (\text{incolora}) + \text{dehidroascorbato}.$

Cuando todo el ácido ascórbico de la solución se ha convertido en dehidroascorbato no habrá electrones disponibles para reducir una gota de DCFIF a la forma incolora y la solución permanecerá rosa (entonces la reacción dos no tendrá lugar). Asumiendo que el ácido ascórbico en el extracto es la única sustancia que reduce el colorante a una solución baja de pH (<4), entonces la cantidad de ácido ascórbico en el extracto puede ser evaluada mediante la titulación de una solución estándar de DCPIP.

3.6.7. Conductividad Eléctrica

Se cortaron rodajas de pulpa de frutos de un diámetro de 2 cm y de 1 a 2 mm de espesor. Se pesó 1 g de pulpa cada fruto, se colocaron en incubación en 30 ml de agua desionizada (de valor de conductividad conocida) a temperatura ambiente. Se registró la lectura de conductividad después de los primeros 5 minutos y después de 30 minutos. Transcurrido ese tiempo se colocó en baño María durante 10 minutos, se enfrió y tomó lectura de conductividad eléctrica

(CE). El resultado se expresó en porcentaje de permeabilidad de la membrana basada en la siguiente formula:

$$\text{Permeabilidad (\%)} = \frac{\text{Lectura de CE}}{\text{Lectura de CE después del calentamiento}}$$

Donde :

CE: Conductividad eléctrica

3.7 Análisis Estadístico.

Para el análisis de resultados se utilizó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial 4X2X2X2, siendo los factores de variación, días de almacenamiento para su proceso (0, 1, 2 y 3 semanas) cultivares de tuna ('Alfajayucan' y 'Solferino'), tipo de conservación (ambiente o frigoconservación) y aplicación de película plástica (con película y sin película) dándonos con esto un total de 32 tratamientos. Estos se realizaron por diseño experimental que se realizó con análisis de varianza de las variables evaluadas, de acuerdo con un diseño de tratamiento factoriales y diseño experimental completamente al azar. Para establecer si existieron diferencias entre medias se realizó la prueba Tukey a una $P \leq 0.05$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Color

4.1.1. Brillantez

En cuanto a la Brillantez se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las dos cultivares de tuna (Cuadro 6), como es de suponerse, en esta variable influyó el color característico de cada tuna, en caso de 'Alfajayucan' alcanzó los valores más altos de brillantez (60.57), mientras que en 'Solferino' se registraron los menores (30.16).

En cuanto a la semana de proceso presenta solamente diferencia significativa en la fecha de muestreo para el día 4 si se procesa a las 3 semanas, y en los días 6 y 8 de muestreo si el mínimo proceso se realiza en las segunda y tercera semana, los resultados de diferencia que existe en el día de evaluación cero o el día en que se realiza el mínimo proceso aunque no es significativa, nos da a entender que durante su almacenamiento como fruta intacta, la fruta tiende a perder su brillantez, esto es congruente con lo mencionado por López (2001), quien realizó un experimento almacenando tuna intacta en frigoconservación señalando que durante el almacenamiento la fruta pierde brillantez y supone estos cambios por reacciones de oscurecimiento.

De la misma forma, Cantwell (1996), puntualizó que el cambio de color en brillantez en los productos mínimamente procesados es uno de los problemas más importantes a seguir durante su conservación, cambio asociado a la generación de fenoles.

Cuadro 6. Comparación de medias de factores principales para brillantez en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.

Factores		Día de muestreo				
Variables		0	2	4	6	8
Cultivar						
'Alfajayucan'		60.57 a ^z	59.56 a	59.30 a	56.52 a	52.77 a
'Solferino'		30.16 b	27.85 b	25.59 b	25.74 b	23.46 b
Semana de Proceso						
0		45.89 a	43.54 a	42.97 a	41.56 a	36.71 a
1		42.34 a	40.87 a	38.56 a	36.95 a	32.78 a
2		42.10 a	40.75 a	36.37 a	32.14 b	28.34 ab
3		40.28 a	39.98 a	33.75 b	30.91 b	25.98 b
Almacenamiento						
20 °C		43.77 a	36.67 b	36.21 b	34.59 b	30.45 b
0 °C		43.77 a	43.98 a	42.87 a	40.01 a	38.23 a
Aplicación de recubrimiento						
Sin película		43.77 a	40.45 a	39.25 a	38.17 a	35.88 a
Con película		43.77 a	40.98 a	39.84 a	38.90 a	36.25 a
Coeficiente de variación		10.56	12.43	14.72	15.77	17.38
DMS ^y		7.10	6.11	6.67	7.50	6.14

^z: Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presenta diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey $p \leq 0.05$. ^y DMS: diferencia mínima significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

El factor temperatura de conservación de la fruta mínimamente procesada influye en retrasar el oscurecimiento de la fruta presentando diferencias significativas desde un inicio del experimento (Cuadro 6), teniendo diferencias significativa al final del día 8 (30.45 y 38.23 para 20 y 0 °C, respectivamente), valores parecidos al obtenido por Añorve (1999), al respecto Kader (2002) mencionó que almacenar frutos en frigoconservación reduce mecanismos metabólicos degradativos que provoca pérdida de la calidad, como lo es el oscurecimiento por acción de fenoles.

Existe acción de polifenol oxidasa (PPO) en las tunas mínimamente procesadas esto puede observarse por el aumento del oscurecimiento a través del tiempo de conservación de la fruta. El oscurecimiento de la superficie cortada es el problema más común en frutos mínimamente procesados, siendo en muchos de ellos el factor limitante para su almacenamiento, el corte estimula a las enzimas involucradas en el metabolismo de los compuestos fenólicos, induciendo la formación de pigmentos oscuros no deseables (Huxsoll y Bolin, 1989). El oscurecimiento es una reacción medida por enzimas, lo cual ocurre cuando la célula es cortada, la superficie es abierta y los compuestos fenólicos de las vacuolas de las células del producto se mezclan con la polifenol oxidasa (PPO), la cual que en presencia de oxígeno convierte los compuestos fenólicos en pigmentos oscuros. El oscurecimiento del tejido de productos mínimamente procesados es muy severo debido a la gran cantidad de compuestos fenólicos y polifenol oxidasa presentes en los tejidos. Las magulladuras en forma de lesiones oscuras son también resultado de estos eventos medidos por enzimas.

La intensidad del oscurecimiento en el tejido puede ser afectada por la actividad relativa de las oxidasas y concentraciones de sustratos (Charley, 1991; Brecha, 1995)

La aplicación de atmósferas modificadas no tiene efecto en el cambio de brillantez de la tuna mínimamente procesada, ya que no existió diferencia significativa en la aplicación de película plástica (Cuadro 6), esto concuerda por lo obtenido por López (2001), quien no encontró diferencia significativa al probar dos diferentes recubrimientos plásticos (poliolefina y cloruro de polivinilo) en frutos de tunas.

4.1.2. Ángulo Húe

Los dos cultivares presentan diferencias significativas entre ellas, en cuanto a ángulo hue siendo 'Alfajayucan' que presentó los valores altos en esta variable (110.35°) mientras que 'Solferino' los más bajos alrededor de 20° , datos similares a los encontrados por López (2001) en estos dos cultivares, quien reportó 110.22° para 'Alfajayucan' y 20.17° para 'Solferino'.

La semana a proceso no presentó diferencia significativa para esta variable teniendo únicamente en todas las fechas un comportamiento similar con una ligera disminución.

La temperatura de conservación del mínimo procesado no afectó esta variable ya que no se presentó diferencia significativa para las temperaturas, de la misma forma Añorve (1999) no encontró diferencia significativa de esta variable en frutos de tunas cv. Cristalina mínimamente procesada, conservadas en refrigeración.

Cuadro 7. Comparación de medias de factores principales para ángulo hús en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.

Factores		Día de muestreo				
Variables		0	2	4	6	8
Cultivar						
'Alfajayucan'		110.35 a ^z	110.48 a	110.03 a	109.89 a	109.99 a
'Solferino'		20.19 b	20.18 b	19.78 b	19.95 b	19.98 b
Semana de Proceso						
0		69.89 a	68.23 a	68.34 a	68.24 a	68.20 a
1		67.87 a	67.65 a	68.78 a	67.98 a	66.45 a
2		66.90 a	67.89 a	67.99 a	67.45 a	67.67 a
3		66.99 a	66.67 a	68.49 a	67.68 a	66.89 a
Almacenamiento						
20 °C		68.47 a	68.77 a	68.55 a	66.91 a	67.45 a
0 °C		68.47 a	68.38 a	68.56 a	68.27 a	67.69 a
Aplicación de recubrimiento						
Sin película		68.47 a	68.60 a	67.90 a	68.95 a	67.47 a
Con película		68.47 a	67.89 a	67.45 a	67.67 a	68.13 a
Coefficiente de variación		14.50	17.23	19.54	19.56	20.13
DMS ^y		12.34	13.34	14.56	16.78	16.56

^z: Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presenta diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey $p \leq 0.05$. ^y DMS: diferencia mínima significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

En cuanto a la aplicación de película plástica, no se encontró diferencia significativa (Cuadro 6) lo que permite asumir que la atmósfera modificada establecida por la película no provocaron alteraciones en el color natural de los frutos, semejante a lo que encontró López, (2001) quien probó dos diferentes películas plásticas de la misma manera no encontró diferencia entre ellas en cuanto a diferencia de color por ángulo hús.

4.1.3 Cromaticidad

La cromaticidad en 'Solferino' presentó los valores más altos con 24.8 y 'Alfajayucan' los valores más bajos 19.2, que fueron muy parecidos a los encontrados por Añorve (1999) y López (2001), quienes reportaron valores de cromaticidad de 19.2 para el cv. Alfajayucan y de 24.9 para 'Solferino'.

En cuanto a la semana de proceso se nota claramente no existir relación del cambio de cromaticidad con el tiempo que pase el fruto en conservación como fruta intacta ya que no existe diferencia significativa entre los diferentes periodos de procesamiento, con el paso del tiempo en conservación como fruto mínimamente procesado, solo se puede notar una ligera disminución de la cromaticidad.

Cuadro 8. Comparación de medias de factores principales para cromaticidad en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.

Factores		Día de muestreo				
Variables		0	2	4	6	8
Cultivar						
'Alfajayucan'		19.20 b ^z	19.01 b	19.12 b	18.89 b	19.11 b
'Solferino'		24.85 a	24.78 a	24.80 a	24.71 a	23.99 a
Semana de Proceso						
0		20.24 a	20.20 a	20.34 a	20.19 a	20.20 a
1		20.35 a	19.90 a	20.23 a	20.20 a	19.89 a
2		19.95 a	20.11 a	20.22 a	19.98 a	19.90 a
3		20.01 a	20.21 a	19.89 a	19.90 a	19.95 a
Almacenamiento						
20 °C		20.38 a	20.45 a	20.34 a	20.25 a	19.92 a
0 °C		20.38 a	20.30 a	20.36 a	20.21 a	20.01 a
Aplicación de recubrimiento						
Sin película		20.38 a	20.37 a	20.28 a	19.89 a	19.99 a
Con película		20.38 a	20.40 a	20.17 a	19.98 a	19.80 a
Coefficiente de variación		9.45	10.34	12.34	12.67	12.78
DMS ^y		2.13	2.42	1.45	3.21	2.14

^z: Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presenta diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey $P \leq 0.05$. ^y DMS: diferencia mínima significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

Para la cromaticidad de los frutos en las dos diferentes temperatura de conservación como mínimo procesado tiende a una ligera disminución en ambas temperatura 0 y 20 °C, sin existir diferencia significativa entre ellas, de la misma forma sucede con la aplicación de la atmósfera modificada, ya que solo sucede una ligera disminución sin existir diferencia entre el aplicar o no la

película plástica disminución debida a efectos de maduración y senescencia de los frutos.

4.2. Firmeza

Las variedades presentan diferencia significativa desde la primera fecha de muestreo (Cuadro 9), 'Alfajayucan' presenta mayor firmeza en todos los periodos de evaluación. Si comparamos estas dos frutas morfológicamente, la tuna del cv. Solferino presenta menor contenido de semillas que cv. Alfajayucan (Flores *et al.*, 1997), provocando una menor firmeza y resistencia a la penetración.

En cuanto a la fecha en que se realiza el mínimo proceso, entre más tiempo se expone en almacenamiento la fruta intacta existe una disminución estadísticamente significativa de la firmeza (Cuadro 9), esto se puede observar claramente en el día de evaluación cero o el día en que se realiza el mínimo proceso, ya que la mayor firmeza la encontramos cuando la fruta se procesa en la semana cero 22.83 N comparada con la menor firmeza obtenida cuando se procesa después de 3 semanas de almacenamiento 8.85 N.

Una vez realizado el mínimo proceso la firmeza disminuye considerablemente con el paso del tiempo, esto sucede en todas las fechas de proceso, recalando que la fruta presenta características de buena calidad para la semana cero de proceso en todas las fechas de evaluación.

Cuadro 9. Comparación de medias de factores principales para firmeza (N) en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.

Factores		Día de muestreo				
	Variables	0	2	4	6	8
Cultivar						
	'Alfajayucan'	16.94 a ^z	13.40 a	11.38 a	9.33 a	7.87 a
	'Solferino'	12.86 b	10.53 b	8.82 b	6.95 b	6.19 b
Semana de Proceso						
	0	22.83 a	17.80 a	14.82 a	12.47 a	10.71 a
	1	16.96 b	13.37 b	11.10 b	8.32 b	7.29 b
	2	10.97 c	9.68 c	8.89 c	7.16 c	6.64 b
	3	8.85 d	7.02 d	5.60 d	4.61 d	3.49 c
Almacenamiento						
	20 °C	14.90 a	11.57 b	9.32 b	7.28 b	6.34 b
	0 °C	14.90 a	12.37 a	10.88 a	9.00 a	7.72 a
Aplicación de recubrimiento						
	Sin película	14.90 a	11.56 b	9.72 b	7.93 a	7.04 a
	Con película	14.90 a	12.37 a	10.48 a	8.35 a	7.12 a
	Coefficiente de variación	12.07	16.66	15.62	19.49	20.76
	DMS ^y	0.63	1.29	0.55	0.55	0.51

^z: Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presenta diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey $P \leq 0.05$. ^y DMS: diferencia mínima significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

Cuando se procesa después de una semana, después del sexto día la fruta pierde calidad haciéndola no apta para el consumo, y a la tercera semana los frutos solo presenta características de calidad de consumo hasta el segundo día.

A partir del segundo día de muestreo se detectaron diferencia significativa en cuanto al factor temperatura de almacenamiento (20 y 0 °C, Cuadro 9), al respecto Watada *et al.* (1996), mencionó que uno de los factores de deterioro de los productos mínimamente procesados lo constituye el rápido ablandamiento de los tejidos, principalmente por la acción de las enzimas hidrolíticas, las cuales son estimuladas por las pérdidas en la compartimentalización celular en cuyo caso se presenta la mezcla de los sustratos respectivos, al aplicar refrigeración se retrasa dicho proceso por lo que ayuda a mantener la firmeza de los frutos como lo hizo López (2001), quien encontró diferencia si se almacenan tunas mínimamente procesadas a 2 o 5 °C, con respecto a 20 °C.

King (1990) estableció que la pérdida de firmeza esta caracterizada por el ablandamiento de la pulpa, lo cual esta acompañado por la hidrólisis de las pectinas por la acción de pectinesterasas y poligalaturonasa, con los subsecuentes debilitamientos de los tejidos y estructuras de la pared celular. Rolle y Chism (1987) reportaron que las heridas causan la degradación de la membrana lipídica propiciando degradación enzimático de los sistemas membranales dañados, causando pérdida de compartimentalización de enzimas y sustratos. De tal manera que el comportamiento observado durante el almacenamiento de los frutos de tuna mínimamente procesados, permite asumir pérdidas de la firmeza debido a cambios en el metabolismo enzimático relacionado con la pared celular, impuestos estos por la temperatura y daño debido a la eliminación de la cáscara.

En cuanto a la película plástica se observó, que la aplicación de ésta influye en mantener por un tiempo la firmeza de los frutos; a partir del segundo día existe diferencia significativa entre los dos factores (con película y sin ella 12.37 y 11.56 N, respectivamente), aunque esta diferencia significativa desaparece después del sexto día de almacenamiento del fruto mínimamente procesado 7.93 y 8.35 N. Respectivamente, Del Cura (1996) mencionó que la pérdida de firmeza se ve frenada por determinadas atmosferas, al hacer más lentos los fenómenos degradativos de la pared celular. En efecto se limita la rotura de las cadenas de la pectina al reducirse la actividad de las enzimas pécticas

4.3. Pérdida de Peso

La variedad 'Alfajayucan' tiene una menor pérdida de peso (Cuadro 10) que el cv. Solferino existiendo una diferencia significativa a los 2 días (0.121 % para 'Alfajayucan' y 0.137 % para 'Solferino') ya los 8 días de evaluación (0.245 y 0.271 %, respectivamente), resultados semejantes a los obtenidos por López (2001), quien encontró mayores pérdidas de peso en tuna 'Solferino' (0.38 %) que en 'Alfajayucan' (0.23 %) mínimamente procesadas, después de almacenarlas.

Cuadro 10. Comparación de medias de factores principales para pérdida de peso (%) en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.

Factores		Día de muestreo				
Variables		0	2	4	6	8
Cultivar						
'Alfajayucan'		0 a ^z	0.12 b	0.17 a	0.21 a	0.24 b
'Solferino'		0 a	0.14 a	0.17 a	0.21 a	0.27 a
Semana de Proceso						
0		0 a	0.16 a	0.21 a	0.24 a	0.30 a
1		0 a	0.13 b	0.18 b	0.19 a	0.27 b
2		0 a	0.13 b	0.15 c	0.19 b	0.26 b
3		0 a	0.10 c	0.13 d	0.16 c	0.20 c
Almacenamiento						
20 °C		0 a	0.14 a	0.19 a	0.23 a	0.27 a
0 °C		0 a	0.11 b	0.15 b	0.19 b	0.24 b
Aplicación de recubrimiento						
Sin película		0 a	0.14 a	0.18 a	0.22 a	0.27 a
Con película		0 a	0.12 b	0.16 b	0.20 b	0.25 a
Coeficiente de variación		0	16.11	13.39	15.52	15.89
DMS ^y		0	0.0073	0.008	0.01	0.014

^z: Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presenta diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey $P \leq 0.05$. ^y DMS: diferencia mínima significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

En cuanto a la semana en que se realiza mínimo procesado se nota que las mayores pérdidas de peso se da cuando a menos tiempo de almacenamiento como fruta intacta se tenga, al respecto, Pantastico (1979) señaló que el almacenamiento prolongado puede ocasionar deshidratación, por fenómeno de transpiración, por lo que el fruto pierde más agua cuando esta en almacenamiento como fruta intactas, por lo que entre mayor tiempo permanece

en almacenamiento, su pérdida de peso es menor una vez procesado, existiendo diferencia significativa entre las semanas de proceso.

Para los tratamientos con película plástica se puede observar una menor pérdida de peso con respecto a la no aplicación de la película, tales resultados se pueden deber al recubrimiento que proporciona la película plástica empleada la cual contribuye a la disminución de la transpiración del fruto. Al respecto, Watada y Qi (1999) mencionaron que los productos cortados en fresco son altamente susceptible a la pérdida de peso porque los tejidos internos son expuestos al ambiente, sin embargo, la humedad relativa generada por las películas plásticas es muy alta evitando la deshidratación y con ella la pérdida de peso; así mismo Kader (2002) mencionó que las películas plásticas ponen restricción a la salida de vapor de agua dependiendo de la permeabilidad al vapor que estas posean. Por otro lado Zahorí y Kader (1988) mencionaron que las películas poliméricas se han utilizado con éxito, para reducir la pérdida de humedad de los productos durante su almacenamiento, transporte y exposición en los mercados. Dicha reducción en la pérdida de humedad se debe a la disminución de la magnitud de la diferencia del vapor de agua entre el producto y su ambiente inmediato dentro del envase. Desde hace tiempo se han utilizado envases de películas polimérica sin perforar con el objetivo de minimizar la pérdida de humedad y reducir la velocidad de respiración de los productos; más recientemente, aun las frutas y hortalizas refrigeradas mínimamente procesadas han sido envasadas en películas poliméricas en un esfuerzo por mantener la calidad de los productos a la vez que se prolonga su vida útil.

Existe diferencia significativa de los productos mínimamente procesadas cuando se les aplica refrigeración a 0 °C con respecto a su conservación a 20 °C esto puede deberse según Thompson *et al.* (2002) a que la temperatura de frigoconservación favorece a la creación de una micro atmósfera saturada alrededor de los frutos que impidió que se desarrollaran diferencias de presión de vapor de agua entre las tunas y su entorno.

Gorny y Kader (2002) y Kader (2002) mencionaron que el cortado del tejido de las frutas acelera la pérdida de agua lo cual puede acelerar el oscurecimiento y el ablandamiento del tejido. Los frutos mínimamente procesados son más susceptibles a la pérdida de agua que muchos productos vegetales mínimamente procesados, porque muchas de las barreras que previenen la pérdida de agua son removidos durante su procesamiento.

4.4. Sólidos Solubles Totales

Con respecto a la concentración de sólidos para variedad (Cuadro 11) se puede notar diferencia estadísticamente significativa desde el día en que se procesa ambas variedades, presentando un mayor contenido en "Alfajayucan", ya para el cuarto día de muestreo esta diferencia desaparece. López, (2001); Corrales, (2001); Flores, (1997) describen que la tuna del cv Alfajayucan contiene mayor contenido de sólidos que 'Solferino'. Los valores de contenido inicial de sólidos

concuenda con los encontrados por Mondragón y Pérez (1994) y por Montiel (1986).

Cuadro 11. Comparación de medias de factores principales para sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.

Factores		Día de muestreo				
Variables		0	2	4	6	8
Cultivar						
'Alfajayucan'		13.79 a ^z	14.10 a	14.57 a	15.02 a	15.62 a
'Solferino'		13.34 b	13.85 b	14.62 a	14.75 a	15.87 b
Semana de Proceso						
0		12.74 b	13.18 d	13.25 d	13.31 c	14.06 d
1		13.06 b	13.52 c	15.68 a	15.91 a	16.45 a
2		14.15 a	14.34 b	14.47 c	14.63 b	15.18 c
3		14.31 a	14.84 a	14.98 b	15.68 a	15.91 b
Almacenamiento						
20 °C		13.56 a	14.09 a	14.74 a	14.98 a	15.57 a
0 °C		13.56 a	13.85 b	14.45 b	14.79 a	15.24 b
Aplicación de recubrimiento						
Sin película		13.56 a	14.14 a	14.94 a	15.23 a	15.65 a
Con película		13.56 a	13.80 a	14.25 b	14.54 b	15.16 b
Coefficiente de variación		6.69	4.85	5.29	7.28	3.61
DMS ^y		0.63	0.23	0.27	0.37	0.19

^z: Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presenta diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey $P \leq 0.05$. ^y DMS: diferencia mínima significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

En cuanto a la semana en que se realiza proceso, se puede notar que en la semana cero de proceso (Cuadro 11) solo existe diferencia significativa después de la semana uno de almacenamiento como tuna intactas, mientras

que este contenido se ve modificado en el segundo día de evaluación existiendo diferencia entre los cuatro periodos de proceso, presentando mayor contenido cuando se almacena la fruta por más tiempo.

Se puede notar un aumento en la concentración de sólidos cuando se almacena la tuna mínimamente procesada a 20 °C y un aumento más lento en refrigeración a 0° con diferencia significativa a partir del segundo día de evaluación, así mismo Fernández (1997) encontró en estas mismas dos variedades, contenido de sólidos semejantes en su estudio (14.5 °Bx para 'Alfajayucan' y 13.78 °Bx para 'Solferino'), en tunas mínimamente procesadas después de almacenarlos por 15 días en refrigeración Chávez y Saucedo (1985) reportaron incremento en el contenido de sólidos solubles en tunas almacenadas a 18 °C de la misma manera Barbera *et al.* (1992) y Cantwell, (1995) reportaron incrementos en el contenido de sólidos solubles así como de azúcares, a medida que avanzaba el estado de madurez de los frutos debido a la hidrólisis de carbohidratos complejos a azúcares.

La aplicación de película provocó un aumento lento en la concentración de los sólidos existiendo diferencia significativa a partir del segundo día de evaluación (Cuadro 11).

4.5. Acidez Titulable

La acidez titulable presenta diferencia significativa con respecto a la variedad (Cuadro 12) presentando mayores valores el cv Alfajayucan, para el día cero tiene un contenido de 0.08 % de ácido cítrico a diferencia del cv. Solferino que presenta 0.07 % de ácido cítrico, tendiendo a la disminución en este factor como en los otros. Diversas investigaciones han reportado tanto en frutos intactos como en mínimos procesados de tunas y de otros frutos (Domínguez, 1995; Sepúlveda, 1999; Añorve, 1999; López, 2001) una disminución de la acidez titulable en poscosecha, atribuyendo esto a que los frutos utilizan principalmente ácidos orgánicos como sustratos respiratorios, ocasionando con esto una disminución considerable de los mismos.

Si se observa el factor de la semana de proceso (Cuadro 12), se puede notar que como frutos intactos (día cero de muestreo) los frutos pierden contenido de ácido cítrico durante su almacenamiento en refrigeración no existiendo diferencia estadística entre las semanas 0 y 1 (0.078 y 0.076 %) pero la diferencia significativa se presenta a partir de la segunda y tercera semana (0.072 y 0.069 %). López (2001) encontró una tendencia a la disminución de la acidez con respecto al tiempo de almacenamiento de fruta intacta conservada a 2 °C donde se alcanzaron valores de alrededor de 0.07 % valores parecidos a los obtenidos en el experimento realizado. Lakshminarayana y Estrella (1978) atribuyen este comportamiento a la conversión de los ácidos orgánicos a

azúcares o al uso de los ácidos orgánicos como sustrato respiratorio, ya que los coeficientes respiratorios que las tunas utilizan son un sustrato complejo de compuestos de ácidos y azúcares.

Cuadro 12. Comparación de medias de factores principales para acidez titulable (% ácido cítrico) en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.

Factores		Día de muestreo				
Variables		0	2	4	6	8
Cultivar						
'Alfajayucan'		0.079 a ^z	0.64 a	0.060 a	0.568 a	0.051 a
'Solferino'		0.068 b	0.640 a	0.060 a	0.520 b	0.044 b
Semana de Proceso						
0		0.078 a	0.070 a	0.066 a	0.059 a	0.050 a
1		0.076 a	0.066 b	0.061 b	0.055 a	0.049 ab
2		0.072 b	0.060 c	0.058 bc	0.055 a	0.048 ab
3		0.069 b	0.060 c	0.055 c	0.048 b	0.043 b
Almacenamiento						
20 °C		0.074 a	0.064 b	0.059 b	0.053 b	0.046 a
0 °C		0.074 a	0.070 a	0.064 a	0.056 a	0.049 a
Aplicación de recubrimiento						
Sin película		0.074 a	0.065 a	0.062 a	0.055 a	0.048 a
Con película		0.074 a	0.069 a	0.074 b	0.079 b	0.083 b
Coeficiente de variación		8.15	10.80	13.28	16.88	23.03
DMS ^y		0.0021	0.0024	0.0028	0.0032	0.0039

^z: Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presenta diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey $P \leq 0.05$. ^y DMS: diferencia mínima significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

Una vez procesados en este factor los frutos presentan diferencias significativas a partir del segundo día de evaluación teniendo los mayores

valores de acidez cuando la fruta se procesa en el día 0 (0.070 %) y los valores más bajos los días 16 y 24 ambos con 0.060 %. Para el día 4, 6 y 8 de evaluación los frutos se presentan la misma tendencia en cuanto a diferencia, presentando los mayores valores la fruta que se procesó con menos tiempo de almacenamiento o día 0 y los valores más bajos la fruta que se procesa con más tiempo de almacenamiento después de la cosecha.

La acidez titulable disminuyó significativamente a 0 °C a partir del segundo día de evaluación comparado con 20 °C, teniendo contenido de ácido cítrico de 0.064 y 0.059 %, respectivamente. Disminución parecida a la obtenida por Añorve (1999) quien almaceno frutos mínimamente procesado de tuna a 2, 6 y 10 °C y observando una disminución a partir del tercer día de almacenamiento. Los valores obtenidos son parecidos a los obtenidos por López (2001); Añorve, (1999); Domínguez, (1995). Así mismo en frutos de *Hylocereus* almacenados a 6, 14 y 20 °C por Nerd *et al.*, (1999) reportaron acidez mayor en los frutos almacenados a 6 °C que en las otras temperaturas. Con el mismo fruto Van *et al.* (2002) y Ramírez, (2006) encontraron la misma tendencia con respecto a la temperatura de almacenamiento, a mayor temperatura menor contenido de acidez.

En cuanto al uso de atmósferas modificadas se puede notar que la conservación sin el uso de recubrimiento tiene una disminución mayor que con el uso de película ésta disminución llega a ser hasta de 57 % en el octavo día de evaluación esto es similar a lo encontrado con Alique *et al.* (2003) quienes

experimentaron el uso de atmósferas con cerezas probando películas con macro perforaciones y una película con menor permeabilidad encontrando una disminución significativa de la acidez en las cerezas en las que se conservó con películas de macro perforaciones con respecto a las que tenían mayor permeabilidad, atribuyendo este efecto a que las atmósferas modificadas retardaron el proceso de senescencia lo cual conlleva a una mayor calidad. Si notamos en la aplicación de la película plástica a partir del cuarto día de muestreo tiende a un aumento de su acidez (Cuadro 12) posiblemente debido a una sobremaduración y a que las condiciones anaerobias conducen a una acumulación de ácidos orgánicos por procesos fermentativos y como consecuencia deterioro en la calidad de la fruta (Pesis, 2002), efecto parecido a los obtenidos por Ramírez, (2006) en frutos de *Hylocereus*. Mientras que Silvia y Andrade (1997), encontraron que en frutos de *Myrciaria dubia* con cubiertas de PVC la acidez se redujo en menor proporción en comparación con los frutos que no estaban protegidos con la película, lo cual lo explica un decremento en la glicólisis debido a la acumulación de CO₂.

4.6. Vitamina C

La vitamina C o ácido ascórbico es uno de los compuestos que mas rápido se degradan (Barbeau, 1990). En cuanto al contenido de vitamina C no se presentó diferencia significativa por efecto de la variedad manteniéndose constante este contenido en los 8 periodos de evaluación 39.69 y

40.01 mg•100 g⁻¹ para 'Alfajayucan' y 'Solferino', respectivamente, estos valores son ligeramente superiores a los encontrados por Sepúlveda y Sáenz (1999), y concuerda con los encontrados con López (2001), donde menciona 39.67 mg•100 g⁻¹ para 'Alfajayucan' y 39.98 mg•100 g⁻¹ para 'Solferino'.

Cuadro 13. Comparación de medias de factores principales para contenido de vitamina C (mg•100 g⁻¹) en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.

Factores		Fecha de muestreo				
Variables		0	2	4	6	8
Cultivar						
'Alfajayucan'		39.69 a ^z	39.67 a	39.50 a	39.22 a	39.27 a
'Solferino'		40.01 b	40.15 a	40.34 b	40.30 b	40.16 b
Semana de Proceso						
0		40.58 a	40.59 a	40.44 a	39.68 a	39.51 a
1		40.40 a	39.77 a	40.36 a	38.23 a	32.28 b
2		40.21 a	38.85 b	38.23 b	32.28 b	29.40 b
3		36.93 b	31.28 b	29.15 c	24.33 c	22.28 c
Almacenamiento						
20 °C		39.95 a	37.92 a	35.78 b	32.39 b	28.30 b
0 °C		39.95 a	39.02 a	38.31 a	35.87 a	33.94 a
Aplicación de recubrimiento						
Sin película		39.95 a	39.45 a	38.25 a	38.17 a	37.99 a
Con película		39.95 a	37.48 b	36.84 b	33.10 b	30.25 b
Coefficiente de variación		13.45	15.89	19.56	20.34	21.51
DMS ^y		0.51	0.67	0.75	0.83	0.85

^z: Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presenta diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey $P \leq 0.05$. ^y DMS: diferencia mínima significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

En la semana de muestreo como fruta intacta (Cuadro 13; día de valuación cero), se puede observar que existe una tendencia a la disminución del contenido de ácido ascórbico existiendo diferencia hasta la semana con un contenido de $36.94 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, Lee y Kader (2000) mencionaron que por lo general los frutos y vegetales recién cosechados contienen más vitamina C que aquellos que ya están almacenados, así mismo mencionan que para evitar la pérdida de cosecha deberá encontrarse una temperatura de conservación adecuada y esta dependerá del tipo de fruta, del estado de madurez y del tiempo de almacenamiento.

Los mayores contenidos de vitamina C en el factor almacenamiento se tienen cuando se conserva a 0°C con respecto a 20°C aunque no existe diferencia significativa. Kader y Mitcham (1998) mencionaron que el tejido cortado puede acelerar la pérdida de vitaminas, especialmente las solubles en agua como la vitamina C. Schewfelt (1987), reportó que las condiciones de transporte y comercialización afectan las concentraciones de ácido ascórbico y vitamina A.

Con respecto la aplicación de atmósfera modificada se puede observar que el contenido de vitamina C se mantiene sin el recubrimiento mientras que con el existe una disminución que para el día 4 de evaluación es estadísticamente significativa, Zagory y Kader (1989) mencionaron que los valores de vitamina A y C pueden mantenerse cuando las condiciones del empaque tienen bajos niveles de CO_2 y una humedad relativa alta, Yamashita y Benassi (2000), probaron dos películas plásticas en frutos de guayaba y encontraron que las

película menos permeables al oxígeno fueron las que proporcionó mayor retención de vitamina C. Lee y Kader (2000) mencionaron que generalmente las atmósferas modificadas reducen los cambios fisiológicos y químicos de las frutas y verduras durante el almacenamiento, sin embargo, hay que saberlas manejar de acuerdo al producto ya que a altas concentraciones de CO₂ puede estimular oxidación de ácido ascórbico probablemente por la ascorbata peroxidasa, así mismo Jaconimo *et al.* (2005) mencionaron que las altas concentraciones de CO₂ y bajas concentraciones de O₂ inhiben la síntesis de ácido ascórbico.

4.7. Conductividad Eléctrica

Para la conductividad eléctrica se encontró (Cuadro 14) una mayor permeabilidad de membrana con diferencia significativa en tuna del cv. Alfajayucan (43.8 %) con respecto a 'Solferino' (40.16 %) manteniéndose esa diferencia a lo largo de las evoluciones lo que nos hace suponer que la tuna 'Solferino' es más propenso a presentar daños por frío que 'Alfajayucan', como producto mínimamente procesado. Salveit (1998) mencionó que los efectos físicos inmediatos causados por las heridas al tejido son: daños mecánicos en los tejidos (magulladura, rajaduras, fracturas, y distribución del daño hidráulico, como la membrana y paredes celulares.

Para la semana en que se procesa podemos notar que en almacenamiento como fruto intacto (Cuadro 14; día de evaluación 0) la fruta pierde permeabilidad de membrana llegando hasta un nivel de 36.93 % de permeabilidad cuando se tiene un almacenamiento de 3 semanas, es en esta fecha cuando se presenta diferencia significativa con respecto a las demás, manteniéndose la tendencia a la disminución de la permeabilidad durante su almacenamiento como fruto mínimamente procesado. Para el cuarto día de evaluación los frutos que fueron almacenado por 3 semanas y realizado el mínimo proceso presentan una permeabilidad del 24.33 % lo que hace suponer la presencia de una mayor cantidad de electrolitos liberados por acción del rompimiento de las membrana, teniendo la presencia del daño por frío esto ocasionado por la senescencia y la maduración como lo menciona Yahia (1992) quien enfatizó en que al establecerse la maduración y la senescencia se produce la pérdida de la integridad de las membranas, la consecuente afectación de la permeabilidad de éstas y un aumento en el espacio intracelular debido a la desintegración celular así como de paredes. Estos cambios se ven manifiestos, en parte, por la salida de electrolitos.

Para almacenamiento en refrigeración del producto mínimamente procesado se puede notar una diferencia significativa con respecto a la conservación a 20 °C al cuarto día de evaluación con 35.78 y 39.31 % de permeabilidad, manteniéndose dicha diferencia en los días subsecuentes a este, lo que nos hace pensar como lo mencionó Pantastico (1984) que la exposición de los frutos a una baja temperatura propician el presentar una serie de alteraciones

en el desarrollo de sus procesos metabólicos normales, que incluyen la muerte de pequeñas partes del tejido, desarrollo de aromas desagradables, manchado de la piel o pulpa, cambios físicos y químicos entre otros. Y a pesar que existe degradación por maduración y senescencia de frutos a medio ambiente, la membrana tiene un rompimiento mayor cuando se esta en refrigeración.

Cuadro 14. Comparación de medias de factores principales para Conductividad eléctrica (% de permeabilidad de membrana) en frutos de tunas 'Alfajayucan' y 'Solferino' mínimamente procesados en cinco fechas de muestreo.

Factores		Fecha de muestreo				
	Variables	0	2	4	6	8
Cultivar						
	'Alfajayucan'	43.80 a ^z	39.09 a	39.50 a	36.52 a	32.77 a
	'Solferino'	40.16 b	37.85 a	35.59 b	31.74 b	29.46 b
Semana de Proceso						
	0	44.38 a	41.97 a	42.44 a	41.68 a	40.51 a
	1	43.40 a	40.77 a	40.36 ab	38.23 a	32.28 b
	2	43.21 a	39.85 a	38.23 b	32.28 b	29.40 b
	3	36.93 b	31.28 b	29.15 c	24.33 c	22.28 c
Almacenamiento						
	20 °C	41.98 a	39.02 a	39.31 a	35.87 a	33.94 a
	0 °C	41.98 a	37.92 a	35.78 b	32.39 b	28.30 b
Aplicación de recubrimiento						
	Sin película	41.98 a	39.45 a	38.25 a	34.17 a	30.99 a
	Con película	41.98 a	37.48 a	36.84 a	34.10 a	31.25 a
	Coefficiente de variación	16.05	16.76	15.25	18.15	18.02
	DMS ^y	2.35	2.25	2.00	2.16	1.96

^z: Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presenta diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey $P \leq 0.05$. ^y DMS: diferencia mínima significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

Para el uso de atmósfera modificada no se encontró diferencia significativa entre el uso de película plástica y el no usarla, la diferencia entre permeabilidad de membrana en este factor es mas por el tiempo y los daños mecánicos sufridos durante su proceso como lo menciona Schewfelt (1987) quien indicó que los daños mecánicos aceleraran la alteraciones de los productos al romper la membrana celular y facilitar la acción enzimática lo que origina reacciones indeseables, dichas rupturas celulares se producen durante las operaciones de preparación como el pelado y el cortado, lo que permite que las enzimas se mezclen con sustratos y se aceleren los cambios adversos de la calidad. Al respecto Rolle y Chism, (1987) opinan que las heridas producidas por la preparación pueden causar la degradación de la membrana lipídica propiciando la degradación enzimática de los sistemas membranales dañados, causando pérdida de componentes lípidos y pérdida de compartamentalización de enzimas y sustratos. Es así que Watada *et al.* (1996) mencionaron que el etileno inducido por las heridas puede jugar un papel importante en dicho proceso al aumentar la permeabilidad de la membrana al reducir la biosíntesis de fosfolípidos.

5. CONCLUSIONES.

De las dos tunas el cultivar Alfajayucan, es el que presentó la mejor calidad como fruto mínimamente procesado, siendo esta la que presentó una mayor vida de anaquel y mejores características de calidad a lo largo del experimento.

El cultivar solferino es mas propenso a sufrir daños por frío ya que se encontró una mayor permeabilidad de membrana que el cultivar . Alfajayucan

La refrigeración a 0 °C es la que mantuvo la brillantez y firmeza del producto por más tiempo; el almacenamiento de 20 °C genera un ablandamiento más rápido de la fruta, acelera la pérdida de peso y como consecuencia induce a un bajo contenido de sólidos solubles totales del fruto,

Los mayores contenidos de vitamina C en almacenamiento se tienen cuando se conserva a 0 °C con respecto a 20 °C mientras que en acidez se da una disminución a 0°C . , con respecto a 20°C

El uso de película plástica indujo menor pérdida de peso y acidez ya que sin esta la acidez tiene un disminución de hasta 57% en 8 días, mientras que para concentración de sólidos solubles presenta un aumento lento con la aplicación de películas plásticas.

Las atmósferas modificadas ayudan a mantener los diferentes parámetros de calidad evaluados en el presente estudio, lo que indica que la tuna constituye un fruto que demuestra buen potencial para su comercialización como producto mínimamente procesado.

6. LITERATURA CITADA

- Acrisola, L. 1996. Estudio del comportamiento del fruto de tuna (*Opuntia ficus indica* (L) Mill) en condiciones de atmósferas modificadas. Escuela de Agronomía. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Alique R., M. Martínez and J. Alonso. 2003. Influence of the modified atmosphere packaging on shelf life and quality of Navalinda sweet cherry. *Eur. Food Res. Technol.* 217: 416-420.
- Andrade R. J. y C. E. Bernabé. 1996. Frigoconservación de 6 variedades de tuna. Tesis Profesional. Ingeniería Agroindustrial. Chapingo, México. 77 p.
- Añorve, M. J. 1999. Efecto de los factores ambientales y de empaque en la conservación de productos minimamente procesados (tuna y jicama). Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México. 141 pp.
- AOAC. 1980. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. William Horwitz (De). 13th Edition. Washington D.C. USA.
- Barbaeu, G. 1999. La pitahaya rouge, un nouveau fruit exotique. *Fruits* 45: 141-147
- Barbera G., F. Carimi, P. Inglese, M. Panno. 1992. Physical, morphological and chemical changes during fruit development and ripening in three cultivars

- of prickly pear, *Opuntia ficus indica* (L.) Miller. J. Hort Sci. 67(3): 307-312.
- Borrego, E. y V. Burgos. 1986. El Nopal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila México. 153 pp.
- Bravo, H. 1978. Las Cactáceas de México. Universidad Autónoma de México. México D.F. 98 pp.
- Brecht, J. 1995. Physiology of lightly processed fruit and vegetables. HortScience 30: 18-22
- Cantwell, M. 1991. Quality and postharvest physiology of nopalitos and tunas. Proc. Second Annual Texas Prickly Pear conference. Texas Prickly Pear Council. Mc Allen, Texas. USA. pp 50-66
- Cantwell, M. 1996. Fresh cut biology and requirements. pp 9-12 *In*: Fresh Cut Products: Maintaining Quality and Safety. Postharvest Hort. Series No. 10(4). U.C. Davis.
- Cantwell, M. 1998. Food Safety: Microbiological Concerns. pp 1-2 *In*: Fresh Cut Products: Maintaining Quality and Safety. Postharvest Hort. Series No. 10(8). U.C. Davis. 1-2 pp.
- Cantwell M., F. Rodriguez and F. Robles. 1992. Postharvest physiology of prickly pear cactus steams. Scientia horticulturae 50(1-2): 1-9
- Charley, H. 1991. Tecnología de Alimentos. Ed. Limusa. D.F. México 665 pp.

- Chavez, F. y C. Saucedo. 1985. Conservación en refrigeración de dos variedades de tunas. *Horticultura Mexicana* 1(1):6-13
- Corrales, J. 1992. Descripción y análisis de la cosecha y del manejo en fresco de nopalito y tuna. Pp. 24-58. *In: Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*, 5° Congreso Nacional y 3° Congreso internacional. CONACYT-CIESTAAM-UACH. Chapingo, México.
- Corrales G., J. y C. Flores. 2003. Nopalitos y tunas: producción, comercialización, poscosecha e industrialización. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 159 p.
- Corrales G., J. Andrade J. and E. Bernabé. 1997. Response of six cultivars of tuna fruits to cold storage. *Journal of the professional association for cactus development*. Vol 2:160-168
- Corrales J., F. Franco y J. Rodríguez. 2004. Caracterización del fruto de 20 variedades de tuna (*Opuntia spp*). II Cambios en poscosecha. pp 56-66 *In: Memoria de X Congreso Nacional y VIII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal y otras Cactáceas de Valor Económico*. Mesa 10. Universidad Autónoma Chapingo. México. 2-7 de agosto de 2004. Chapingo, México.
- Crivelli, G. I. and R. Nani. 1993. Utilizzazione industriale della frutta tropicale e subtropicale. *Inf Agrario* 49(1): 93-97
- Del Cura, B., M. Escribano, J. Zamorano, and C. Merodio. 1996. High carbon dioxide delays postharvest changes in rubpase and polygalacturonase-related protein in cherimoya peel. *J American Hort. Sci.* 121(4): 735-739.

- Dominguez, L. A. 1995. Estudio sobre el potencial de la tuna (*Opuntia* spp.) como fuente de colorantes alimentarios. *Ciencias Agrícolas Informa* 4: 5-10
- Fernandez M., R. y J.C. Mondragón. 1996. Colecta Conservación, Estudio y Utilización de Recursos Genéticos de Nopal (*Opuntia* spp.) Proyecto de investigación en Nopal Tunero. Centro-Norte de Guanajuato. INIFAP. SARH. Guanajuato, México. 136 p.
- Fernandez, P., and F. Artes. 1997. Quality improvement of peaches by intermittent warming and modified atmosphere packaging. *Eur. Food Res. Technol.* 205: 59-63
- Flores V., M. Ramirez, J. M. de Luna, P.J. Ponce. 1997. Diagnóstico y Programa de Desarrollo del Sistema Producto Tuna. SAGAR, UACH; CIESTAAM. Chapingo, México. 101 p.
- Fonseca, C. S., A. F. Olivera and K. J. Brech, . 2000. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering.* 52: 99-119.
- Gorny, R.J and A.A. Kader. 1996. Fres Cut Product Preparation. pp 1-10. *In:* fresh cut Products: Maintening Quality and Safety. University of California Davis, CA. Postharvest . Hort Series No. 10(11). U.C. Davis.
- Granados, S.D. y A. Castañeda. 1991. El Nopal. Ed Trillas. D. F., México. 165 p.
- Greengras, J. 1995. Películas para envasado en atmósferas modificadas. pp. 23-34. *In:* Parry, R. T. (ed.) Envasado de los Alimentos en Atmósferas Modificadas. Ed. Madrid Vicente. Madrid España.

- Huxsoll, C.C. and H.R. Bolin. 1989. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology* 44(2): 124-128.
- Inglese, P., F. Basile and M. Schirra. 2002. Cactus pear fruit production, 163-183 pp. *In: Cacti: Biology and Uses*. Park S. Nobel (ed.). University of California Press. California, USA.
- Jacomino, A. P., B. I. Urbano, S. C. Grigoly de Luca and S. Monteiro. 2005. preservation of cold storage guavas influenced by package materials. *Packag. Technol. Sci.* 8: 71-76.
- Joubert, E. 1993. processing of the fruit of five prickly pear variedades grown in South Africa. *J. Food Sci Technolgy* 28: 377-387.
- Kader, A. A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural crops. E.U. University of California. Davis, USA. 389 p.
- Kader, A. A. 2005. Cactus (Prickly) Pear: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. Postharvest Technology Research & Information Center. Department of Plant Sciences, University of California, Davis, CA. USA. 189 p.
- Kader, A. A. and E. Mitcham. 1998. Standarization of quality, pp 1-3. *In: Fresh cut products: Maintaining Quality and safety*. University of California, Davis, CA. postharvest Hort. Series No. 10 (3)
- King, K. 1990. Partial Characterization of the in situ activity of pectinarasa in bramley apple. *Int. J. Food Sci. Technology* 44(2): 132-135

- Lakshminarayana, S. and I.B. Estrella. 1978. Postharvest respiratory behaviour of the fruits of prickly pear (*Opuntia robusta* Mill). HortScience. 53: 327-330.
- Lee, S. K. and A. A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factor influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biol. Technol. 20: 207-220.
- López M. 2001. Evaluación de películas plásticas sobre la calidad de la tuna (*Opuntia* Spp) mínimamente procesada bajo condiciones de refrigeración. Tesis de maestría en ciencias en fruticultura. Colegio de postgraduados. Montecillos, México. 98 p.
- McCarthy, M. and R.H. Mathews. 1997. Calidad nutritiva de frutos de hortalizas sometidas a procesos mínimos, pp. 45-53. In: Wiley, F. (ed). Frutas y Hortalizas Mínimamente Procesados y Refrigerados. E. Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- Miltrović, F. A. 2000. Efecto de la aplicación de agua caliente y cera sobre el almacenaje de frutas de tuna (*Opuntia ficus indica* (L) Mill). Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Minolta. 1994. Precise color communication. Minolta Corporation Instrument System Division, Ramsey, NJ, USA. 79 p.
- Mondragon, J.C. and G. S. Pérez. 1994. Reyna (Syn Alfajayucan) is the leading cactus pear cultivar central México. Fruit. Var. J. 48: 134-136.
- Mondragon, J.C. 1993. La tuna: fruta que ofrece más que ahuate y semillas. Cuaderno de Nutrición 16(4): 10-15

- Montiel, S. M. 1986. Producción y calidad de frutas maduras de 9 selecciones de tuna blanca (*Opuntia amyclaea*) en la costa de Hermosillo, Sonora. Universidad de Sonora. Hermosillo, México. 54 pp.
- Nerd, A. and Y. Mizrahi. 1999. The effect of ripening stage on fruit quality after storage of yellow pitaya. *Postharvest Biol. Technol.* 15: 99-105.
- Nur, D., H. Özlem., A. Bayindirli and E. Ali. 2004. Modification of water vapour transfer rate of low density polyethylene films for food packaging. *Journal of Food Engineering* 63: 9-13.
- Pantastico, E.R. 1979. Fisiología de la Postrecolección, Manejo y Utilización de Frutas y Hortalizas Tropicales y Subtropicales. Editorial Continental. D.F., México. 121 p.
- Pantastico, E. R. 1975. Fisiología de la posrecolección, manejo y utilización de frutos y hortalizas tropicales y subtropicales. Ed CECSA. México.
- Parry, R. T. 1995. Envasado de los Alimentos en Atmósferas Modificadas. A. Madrid Vicente, Ediciones. Madrid, España. 230 p.
- Pimienta, E. and P. Nobel. 1995. Reproductive characteristics of pitaya (*Stenocereus queretaroensis*) and their relationship with soluble sugars and irrigation. *J. Ame. Soc. Hort. Scie.* 120: 1082-1086.
- Pimienta, B., E.E. Engleman and P. Rosas. 1985. Desarrollo de la pulpa y proporcion en volúmenes de los componentes de los lóbulos de la tuna. *Agrociencia* 62: 51-56.
- Rolle, R.S. and G.W. Chism. 1987. Physiological consequences of minimally processed fruit and vegetables. *J. Food Quality* 10: 157-177.

- Saucedo V. C. 1981. Preenfriamiento de frutas y hortalizas (principios). Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 97p
- Saucedo, V.C. 1986. El fruto en postcosecha. Primera Reunion Técnica sobre Fruticultura en el Noroeste de México. SARH, INIFAP, CIANO, CAECH, Sonora, México. 112 p.
- Sawaya, W. N., H. A. Khatchadourian, W. M. Safi and H. M. Al-Muhammad. 1983. Chemical characterization of prickly pear pulp, *Opuntia ficus-indica*, and the manufacturing of prickly pea jam. J. Food Technology 18(2):183-193.
- Sepulveda, E. and H. C. Saenz. 1990. Características físicas y químicas de pulpa de tuna (*Opuntia ficus indica*). Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment. 30(4): 551-555
- Silva, A. C. and J. S. Andrade. 1997. Postharvest modifications in camu-camu fruit (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh) in response to stage of maturation and modified atmosphere. Acta Hort. 452: 23-26.
- Thompson J. F., F. G. Mitchell and R.F. Kasmire. 2002. Cooling horticultural commodities, pp. 45-86. In: Kader, A. A.(ed.) Postharvest Technology of Horticultural Crops. California: University of California, Agriculture and Natural Resources. Davis, USA.
- Vant, T. L., N. Ngu, D. N. Duy and H.H. Thanh. 2002. Dragon fruit quality and storage life: effect of harvesting time, use of plant growth regulators and modified atmosphere packaging. Acta Hort. 575: 611-621

Viña, Z. S. and R. A. Chaves. 2004. Antioxidant responses in minimally processed celery during refrigerated storage. *Food Chemistry*. 94(1): 68-74

Watada, A., N. Ko and D. Monott. 1996. Factor affecting quality of fresh cut horticultural products. *Postharvest Biology and Technology* 9: 115-125.

Watada, A.E. 1999. Quality control of minimally processed vegetable. *Acta hort.* 483: 9-219.

Wiley, C.R. 1997. *Frutas y Hortalizas Mínimamente Procesada y Refrigeradas*. Traducción al español de C. J. Fernandez. Acribia, S.A. Zaragoza, España. 176 p.

Yahia, E.M. 1992. Tecnología de atmósferas controladas y modificadas. I Reunión Latinoamericana de Tecnología Postcosecha. UAM-Iztapalapa. D. F., México. Pp 123-145.

Zagory, D. and A.A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology* 42(9): 70-71.