

ALMACENAMIENTO POSTCOSECHA DE CHILE

ANCHO VERDE (*Capsicum annuum* L.)

ALBERTO SANDOVAL RANGEL

T E S I S

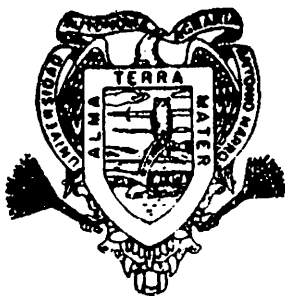
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

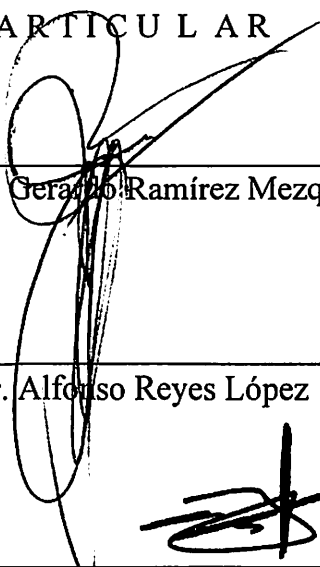
Buenavista, Saltillo, Coah.

MAYO DE 1997


Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA

COMITE PARTICULAR

Asesor principal: 
Ms. José Gerardo Ramírez Mezquitic

Asesor: _____
Dr. Alfonso Reyes López

Asesor: _____ 
MC. Fernando Borrego Escalante



Dr. Jesús Fuentes Rodríguez
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Mayo de 1997.

AGRADECIMIENTOS

A Dios.....

Al Comité de Asesoría

Ms. José Gerardo Ramírez Mezquitic
Dr. Alfonso Reyes López
M.C. Fernando Borrego Escalante

A Gloria E. Rosales Márquez

A mi Alma Mater

DEDICATORIAS

A mi prometida Srita. Mayela Ortiz Rosales

Familia Sandoval Rangel

Familia Ortiz Rosales

A mis compañeros: Roberto del Angel Sánchez, Cesar E. Chavez R. y Ruben Pérez R.

COMPENDIO

Almacenamiento Postcosecha de Chile Ancho Verde
(*Capsicum annuum* L.)

POR
ALBERTO SANDOVAL RANGEL

MAESTRIA
HORTICULTURA
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MAYO 1997.

Ms. José Gerardo Ramírez Mezquitic - Asesor -

Palabras Claves: Temperatura, Atmósfera modificada.

Las pérdidas postcosecha del fruto de chile ancho fresco son un problema nacional, por el rápido detrimento que sufre su calidad durante el almacenamiento; por lo cual el presente trabajo tiene por objeto, mantener la calidad de chile ancho fresco por más tiempo mediante refrigeración y atmósfera modificada. El estudio se realizó en el laboratorio de postcosecha de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro durante el período agosto-octubre de 1996. Para lo cual se colectaron chiles de un lote comercial, desechando frutos que no reunieran características comerciales, Después fueron lavados con agua y cloro a 50 ppm y puestos en los tratamientos de atmósferas

normal, modificada y temperaturas de 5°C, 10°C, 13°, 15°C y ambiente. Los resultados mostraron que la pérdida de peso fue mayor a altas temperaturas y atmósfera normal. El cambio de color se presentó en altas temperaturas independientemente de la atmósfera usada, e inverso al contenido de clorofila. La incidencia de enfermedades fue mayor a altas temperaturas y en atmósfera modificada. El daño por frío se manifestó sólo a 5°C en ambas atmósferas, el contenido de ácidos totales permaneció igual. Por lo cual la temperatura más adecuada para almacenamiento es 10°C y se puede observar que con la atmósfera modificada se puede prolongar el almacenamiento por dos a tres semanas.

ABSTRACT

Postharvest Storage of Ancho Green Pepper
(*Capsicum annuum* L.)

BY
ALBERTO SANDOVAL RANGEL

MASTER OF SCIENCE
HORTICULTURE
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MAYO 1997.

M. Sc. José Gerardo Ramírez Mezquitic - Advisor -

Keywords: Temperature, Modified Atmosphere.

The postharvest loss of the fruit of ancho pepper is a national problem, for the quick detriment that suffers their quality during storage, in such way that the present work considers as object, maintain the quality of the ancho pepper for more time, by means of cooling and modified atmosphere. It was carried out study in the postharvest laboratory of the Antonio Narro University, during the period of August - October of 1996. For such reason fruits of a commercial production, were collected discarding fruits that did not have characteristic of commercialization, which were washed with water and chlorine at 50 ppm. and placed in the treatments of normal and modified

atmospheres to temperatures of 5 °C, 10 °C, 13°C, 15°C and room temperature. The results showed that the loss weight was higher in high temperatures and normal atmosphere. The change of color showed at high temperatures, independently of the atmosphere and red coloration was inverse to chlorophyll contain. The incidence of disease was increase at high temperatures and modified atmosphere. The chilling injury was only at 5 °C in both atmospheres, the total acid contain remained equal; for which it concluded that the temperature at 10 °C was the more appropriate, likewise that in interaction with the modified atmosphere could maintain the period of storage of 2 to 3 weeks.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	4
Generalidades	4
- Calidad	7
Precosecha	11
- Factores que Afectan la Calidad de los Productos	12
Postcosecha	14
- Corte y Recolección	17
- Lavado y Desinfección	19
- Preenfriado	20
- Empaque	20
- Almacenamiento	23
- Factores que Afectan el Almacenamiento	23
- Temperatura	23
- Humedad Relativa	24
- Sistemas de Almacenamiento	24
- Refrigeración	25
- Atmósferas Modificada y Controlada	33
MATERIALES Y METODOS	38
Localización del Area de Estudio	38
Descripción del Area de Estudio	38
Definición de Tratamientos	38
Establecimiento del Experimento.....	39
Variables Medidas	40
- Pérdida de Peso	41
- Cambio de Color	41
- Contenido de Clorofila	41
- Incidencia de Enfermedades	42
- Daño por Frío	42
- Acidez	42
RESULTADOS Y DISCUSION	43
CONCLUSIONES	62
RESUMEN	63
LITERATURA CITADA	64
APENDICE	68

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
2.1. Componentes de la Calidad	9
2.2. Indicadores de Madurez y Calidad	11
2.3. Métodos de Preenfriamiento para Hortalizas	21
2.4. Temperatura de refrigeración, humedad relativa óptima y período de almacenamiento de productos hortícolas seleccionados	25
2.5. Temperatura Mínima de Refrigeración, para Hortalizas y Síntomas de Daño por Frío	32
2.6. Clasificación de las hortalizas y frutas en función de la tasa de producción de Etileno	35
3.1. Descripción de tratamientos	39
4.1. Tasa de pérdida de peso diaria porcentual (grs)	43
4.2. Grado de coloración presente en el pericarpio del fruto del chile, en la escala de A a F	49
4.3. Incidencia de <i>Botrytis</i> durante el almacenamiento	56
4.4. Incidencia de <i>Xanthomonas</i> durante el almacenamiento	58

INDICE DE FIGURAS

Fig.		Página
4.1	Pérdida de Peso a diferentes Temperaturas y Atmósfera Normal	46
4.2	Pérdida de Peso a diferentes Temperaturas y Atmósfera modificada ..	46
4.3	Pérdida de Peso a 5°C, en Atmósfera Normal y Modificada	47
4.4	Pérdida de Peso a 10°C, en Atmósfera Normal y Modificada	47
4.5	Pérdida de Peso a 13°C, en Atmósfera Normal y Modificada	47
4.6	Pérdida de Peso a 15°C, en Atmósfera Normal y Modificada	48
4.7	Pérdida de Peso a Temperatura Ambiente en Atmósfera Normal y Modificada	48
4.8	Incidencia en Porciento de Color Rojo en el Pericarpio del Fruto	50
4.9	Aparición de la Coloración Roja en el Pericarpio del Fruto Durante el Período de Almacenamiento	51
4.10	Evolución de la Clorofila Durante el Almacenamiento a 5°C, en atmósfera Normal y Modificada	52
4.11	Evolución de la Clorofila Durante el Almacenamiento a 10°C, en atmósfera Normal y Modificada	52
4.12	Evolución de la Clorofila Durante el Almacenamiento a 13°C, en atmósfera Normal y Modificada	53
4.13	Evolución de la Clorofila Durante el Almacenamiento a 15°C, en atmósfera Normal y Modificada	53
4.14	Evolución de la Clorofila Durante el Almacenamiento a Temperatura Ambiente, en atmósfera Normal y Modificada	53

4.15	Aparición de los Síntomas de Botrytis Durante el Almacenamiento ..	57
4.16	Evolución de la Acidez Durante el Almacenamiento a 5°C en Atmósferas Normal y Modificada	59
4.17	Evolución de la Acidez Durante el Almacenamiento a 10°C en Atmósferas Normal y Modificada	60
4.18	Evolución de la Acidez Durante el Almacenamiento a 13°C en Atmósferas Normal y Modificada	60
4.19	Evolución de la Acidez Durante el Almacenamiento a 15°C en Atmósferas Normal y Modificada	60
4.20	Evolución de la Acidez Durante el Almacenamiento a Temperatura Ambiente en Atmósferas Normal y Modificada	61

INTRODUCCION

Se han hecho grandes esfuerzos para aumentar la producción de alimentos, esto se ha logrado gracias al incremento del área de cultivo, así como en el rendimiento por unidad de área. Sin embargo, el objetivo último o verdadero no es únicamente el incremento en la producción de éstos, sino en el aumento en la cantidad y calidad que llega al consumidor. Este es el reto que se enfrenta en la producción, dado que grandes cantidades de alimentos cosechados se pierden cada año y nunca llegan al consumidor. Estas pérdidas postcosecha tienen grandes e importantes implicaciones económicas, pues se trata de alimentos que ya vienen gravados con costos de producción y cosecha, pero además, dependiendo del sitio a donde sean enviados, con costos adicionales de acondicionamiento, transportación, almacenamiento y distribución.

Este problema se agudiza, en los productos hortícolas y frutícolas, en virtud de su carácter de alta perecibilidad y elevados costos de producción.

Dentro de los productos hortícolas, el chile, es el tercer cultivo más importante en México precedido únicamente por el tomate y la papa. Así mismo existe una gran diversidad de tipos de chile, en cuanto a forma, sabor, color, tamaño y

pungencia. De entre los cuales el chile ancho ocupa el cuarto lugar después del chile serrano, jalapeño y morrón.

El chile ancho fresco como cualquier otro producto hortofrutícola, es altamente perecedero. Una vez cosechado el producto, presenta dos problemas de suma importancia debido a que son determinantes en el precio que pueda alcanzar o bien que pueda llegar al consumidor en condiciones de consumo. Estos problemas se refieren a: la saturación del mercado en los picos de producción, que afectan principalmente el precio, y el manejo de postcosecha que es muy poco y en la mayoría de los casos nulo, esto último repercute principalmente en la calidad y por consecuencia en el precio de venta.

Estas dos situaciones provocan la pérdida de aproximadamente el 30 por ciento de la producción y del 15 al 60 por ciento del valor de venta o precio esto último determinado por detrimento de la calidad.

El problema de la saturación de mercado, se a venido solucionando a partir de la des-regionalización de las zonas de producción que permite el desfazamiento natural de las cosechas y por otro lado la reglamentación de la producción en algunas zonas productoras; por consiguiente resta dar solución al aspecto de manejo postcosecha.

En resumen se requiere de la generación de tecnologías adecuadas a las condiciones y posibilidades de cada área o región, que permitan aprovechar al máximo y

más eficientemente los productos cosechados, considerando los volúmenes requeridos y muy especialmente la calidad demandada. De tal manera que el presente trabajo es un intento de contribuir en la solución de los problemas postcosecha y sus repercusiones que presenta el chile ancho fresco.

Por lo cual el objetivo del presente trabajo es, mantener la calidad de corte de chile ancho verde mediante el almacenamiento en refrigeración y atmósfera modificada.

Objetivos específicos

- Estimar la temperatura adecuada para almacenamiento de chile ancho verde.
- Determinar el efecto de atmósfera modificada sobre la calidad del fruto.
- Estimar el período máximo de almacenamiento en función de la calidad.

Hipótesis

- Las temperaturas menores a 10°C, son adecuadas para el almacenamiento de chile ancho.
- El uso de atmósferas modificadas ofrece una alternativa, para incrementar la vida de anaquel sin detrimento de la calidad.

REVISION DE LITERATURA

Generalidades

México tiene una gran necesidad de obtener divisas mediante la exportación. Los productos de alto valor como las frutas y los vegetales frescos se encuentran entre los bienes que nuestro país puede ofrecer, sin embargo se necesita aun mucho trabajo para obtener productos de alta calidad y es prioritario desarrollar tecnología de manejo de postcosecha que permita ofrecerlos y competir en los mercados internacionales.

México produce 25 millones de toneladas anuales de frutas y hortalizas de clima templado, subtropical y tropical, equivalentes al 2 por ciento de la producción mundial de estos productos, además de que se utilizan cerca de 7,000 ha para la producción de plantas ornamentales. Entre los principales productos hortícolas se encuentran el tomate, la papa, los chiles, los melones y las sandías, siendo la superficie cultivada de chiles para 1992 de 73,164 ha con una producción de 847,503 toneladas (Yahia, 1995).

El programa de producción de chiles verdes en México para 1996-1997, estima unas 82,987 has, con un rendimiento de 979,884 ton, de las cuales el chile

serrano ocupa el primer lugar seguido del chile bell o morrón, jalapeño y ancho entre otras variedades (Santiago, 1996).

En el primer semestre de 1995, el chile registró un incremento en el volumen de la exportación del 47 por ciento, lo que equivale a un aumento del valor de la exportación de 705 millones de dólares (Mercado, 1995).

Las frutas y vegetales frescos, en su calidad de altamente perecederos sufren pérdidas elevadas directa o indirectamente entre el campo y el consumidor final. La pérdida directa es la eliminación del alimento por factores como el deterioro microbiano o la destrucción por diversos agentes como son los insectos, mientras que las pérdidas indirectas se refieren a la reducción de la calidad del alimento hasta un punto en el cual no puede ser vendido ni consumido (Yahia e Higuera, 1992).

Las pérdidas en postcosecha pueden ser de tres clases: directas, que es cuando el producto no llega a ser consumido, indirectas, cuando el producto pierde la calidad y de valor económico, basado en la oferta y la demanda, clasificando las causas como:

a).- De Origen Tecnológico, entre los que se encuentran el deterioro fisiológico, químico, por agentes microbiológicos o biológicos, por daño mecánico, etc.

- b) De Origen Socioeconómico, cuando existe carencia de políticas, carencia de recursos adecuados, desconocimiento de tecnologías de postcosecha, falta de apoyo o de servicios para la producción, así como para la comercialización.

Estas pérdidas ocurren en la producción o precosecha, desde la selección y preparación del material genético original, en la recolección y en la postcosecha. Actualmente se desconoce con exactitud la magnitud de las pérdidas de alimentos en Latinoamérica, sin embargo, la FAO reporta que se pierden entre el 20 y el 33 por ciento de todos los alimentos producidos, alcanzando en este continente niveles hasta del 90 por ciento, debido principalmente a los malos canales de comercialización, así como al desconocimiento de programas de tecnologías en las ciencias asociadas con la comercialización (Arias, 1995).

Es por todo esto que las principales metas de la biología postcosecha y de la investigación tecnológica y el extensionismo son el mantener la calidad de las frutas y hortalizas entre la cosecha y el consumo o procesamiento, y reducir las pérdidas postproducción. Durante los últimos 10 años se han logrado muchos avances en la comprensión de los factores biológicos y ambientales que influyen sobre el deterioro de los productos hortícolas cosechados, sin embargo es necesaria mucha más investigación para proporcionar mejoras adicionales en la calidad de los productos y su conservación para el beneficio de los consumidores.

Recientes avances tecnológicos para determinar la madurez óptima en la cosecha, manejo cuidadoso, enfriamiento rápido, uso de fungicidas y otros procedimientos para controlar el deterioro, almacenamiento y transporte refrigerado, atmósferas modificadas y control de la velocidad y uniformidad de maduración han dado como resultado un incremento significativo en el número, la duración y la disponibilidad de productos hortícolas frescos en los mercados de Norteamérica originados en áreas cercanas y distantes, reduciéndose con ello, las pérdidas en postproducción en las frutas y los vegetales frescos, especialmente en los países en desarrollo, por lo que se requiere de la aplicación del conocimiento actual para mejorar los sistemas de manejo de productos frescos tanto para los mercados locales como para los de exportación, ya que algunas de las pérdidas postcosecha en calidad y cantidad de las frutas y vegetales pueden minimizarse utilizando información disponible actualmente sobre la calidad nutricional y de mercadeo así como del mantenimiento en la calidad de postcosecha (Kader, 1992a).

La postcosecha juega un papel muy importante en la **calidad**, ya que su objetivo final es de que el producto lo reciba el cliente en el anaquel tal y como se cosecha de la planta.

Calidad

La calidad de un producto influye directamente en la aceptación del consumidor, en el precio y remuneración al productor.

Por lo tanto este aspecto es de suma importancia para que se cumpla con éxito el ciclo de la producción (Kader, 1985).

La calidad de las frutas y vegetales es una combinación de atributos o propiedades que les proporcionan valor como alimento humano. A los productores y comerciantes les interesa que sus productos tengan buena apariencia y pocos defectos visuales, para los mayoristas y distribuidores lo más importante en los productos hortícolas es la calidad en términos de apariencia, así como la firmeza y una larga vida de almacenamiento. Por otra parte los consumidores perciben que los frutos son de buena calidad cuando se ven bien, tienen buena firmeza, parecen tener buen sabor y valor nutritivo. Aunque compran con base en la apariencia y el tacto, en última instancia su satisfacción depende de la calidad al momento que lo consumen (Kader, 1992b).

La promulgación de las normas de calidad y madurez para productos perecederos es un intento de dar respuestas objetivas a la normatización y estandarización de la calidad (Yahia e Higuera, 1992).

Las frutas y hortalizas son comercializables principalmente en fresco, por lo que su calidad es evaluada en base a características organolépticas, apariencia, posibilidades de manipulación y potencial de almacenamiento (cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Componentes de la Calidad.

PRINCIPALES FACTORES	COMPONENTES
A.- Apariencia (Visual)	1.- Tamaño: peso, dimensiones, volumen. 2.- Forma y geometría: relación diámetro/profundidad, suavidad y solidez. 3.- Color: Uniformidad, intensidad. 4.- Brillantez: Cera. 5.- Defectos internos, externos <ol style="list-style-type: none"> Fisiológicos mecánicos (resequedad, daños). Fisiológicos (Como el tallo hueco en brócoli). Patológicos (Causados por hongos, bacterias). Entomológicos (Causados por insectos).
B.- Textura (Tacto)	1.- Firmeza, dureza y suavidad. 2.- Suculencias, jugosidad. 3.- Arenosidad, chicloso. 4.- Dureza, fibrosidad.
C.- Sabor (Sabor y olor)	1.- Dulzura. 2.- Acidez. 3.- Astringencia. 4.- Amargura. 5.- Aroma (Compuestos volátiles). 6.- Malos sabores y olores.
D.- Valor nutritivo.	1.- Carbohidratos (Incluyendo fibra dietaria). 2.- Proteínas. 3.- Lípidos. 4.- Vitaminas. 5.- Minerales.
E.- Seguridad.	1.- Tóxicos naturalmente presentes. 2.- Contaminantes (Residuos químicos, metales pesados). 3.- Micotoxinas. 4.- Contaminación microbiana.

Fuente: Kader A. A. 1992b.

La calidad organoléptica (dada por el color, sabor, textura y aroma) resulta la más difícil de establecer en virtud de los diferentes cambios que ocurren durante el desarrollo de los frutos, además de que estos no ocurren de manera simultánea ; esto obliga a establecer niveles cualitativos mínimos bajo los cuales es posible su comercialización.

Aunque la madurez sólo es una característica de calidad en productos perecederos, tiene una gran influencia en el comportamiento postcosecha y durante la comercialización. Por lo tanto es necesario definir los índices de madurez para cultivos específicos, áreas de producción y temporadas.

En el lenguaje común la palabra maduro es sinónimo de madurez, pero en fisiología postcosecha se consideran términos distintos para diferentes estadios de desarrollo de la fruta. Los productos maduros son aquellos que han concluido su crecimiento y desarrollo natural y para el caso de algunas frutas, cuando ha alcanzado el estadio que asegura la terminación adecuada del proceso de maduración fisiológica.

Los indicadores de madurez y calidad, (Cuadro 2.2) deben de ser individualizados como parámetros objetivos, así mismo algunos indicadores de madurez son válidos únicamente al momento de la cosecha, tal es el caso del contenido de almidón, niveles de ciertas enzimas algunas tonalidades de color y presencia de compuestos volátiles aromáticos, mientras que otros pueden ser considerados como válidos para identificación del grado de madurez al momento de cosecha pero también como una expresión de la calidad al momento del consumo. Para muchas especies y cultivos es conocido que los indicadores de cosecha más convenientes para alcanzar una buena conservación están relacionados con la calidad organoléptica.

Cuadro 2.2. Indicadores de madurez y calidad.

INDICADORES	METODO ANALITICO O DE DETERMINACION
<ul style="list-style-type: none"> - Días a partir de la cosecha - Unidades calor. - Desarrollo de capas de abscisión - Morfología y estructura de la superficie. 	<ul style="list-style-type: none"> Cálculo Información de datos climáticos. Visuales o táctiles. Visual, microscopía.
<u>Características Físicas</u>	
<ul style="list-style-type: none"> - Tamaño - Gravedad específica - Forma - Solidez - Propiedad reológica (consistencia, suavidad). - Fibrosidad - Color 	<ul style="list-style-type: none"> Dimensiones, peso. Relación peso /volumen, densimetría. Medidas métricas, índices, gráficas. Tacto, densidad, rayos gama o "X" Penetrómetros, dinamómetros, tenderómetros Instong. Reflectancia de luz, gráficas de color.
<u>Composición</u>	
<ul style="list-style-type: none"> - Contenido de jugo - Sólidos solubles totales - Azúcares - Acidez - Astringencia - Etileno endógeno - Aroma - Contenido de lípidos - Fibra - Vitaminas - Minerales 	<ul style="list-style-type: none"> Extracción, titulación. Refractometría Titulación, colorimetría, enzimática Titulación Test de titulación Cromatografía de gases. Cromatografía de gases, panel de catación Titulación y extracción química. Análisis HPCL Análisis químico Análisis químico

Fuente: Gorini 1985.

Precosecha

Una buena interacción entre las condiciones de precosecha y postcosecha es necesaria para obtener la mejor calidad de los productos hortícolas y poder así lograr una mejor comercialización (Duarte, 1992).

En los últimos 25 años se han reportado factores ambientales y culturales de precosecha ligados al comportamiento de postcosecha de las hortalizas. Entre los factores ambientales se encuentran: la temperatura, humedad relativa, luz, textura del suelo, viento, altitud y lluvia, mientras que los factores culturales comprenden la nutrición mineral, el manejo del suelo, poda, raleo, reguladores de crecimiento, nuevas variedades, densidad de plantación, prácticas de riego, control de malezas y control de plagas y enfermedades (Thompson *et. al.* 1995)

Factores que Afectan la Calidad de los productos.

↓ Temperaturas extremadamente altas, acompañadas de altas intensidades de luz, normalmente provocan daños por irradiación en los frutos que tienen poca capacidad para disipar el calor, así mismo temperaturas bajas pueden causar daños severos irreversibles. Los niveles de temperatura durante el período de crecimiento determinan la velocidad de crecimiento y desarrollo de los órganos de manera aditiva día a día (Corrales, 1993).

El fotoperíodo, la intensidad y la calidad de la luz (sombreado), afectan la coloración, peso, grosor de la cáscara y composición (acidez y azúcares). Donde la penetración de la luz y su intensidad son afectadas, los frutos tienden a tener menor cantidad de azúcar y las hortalizas presentan hojas más largas y delgadas. La duración del día y la calidad de la luz afectan la fisiología de los productos hortícolas, mientras

que para evitar el quemado de los frutos que afectan la calidad de los chiles es recomendable orientar los surcos para proteger la planta, o se deben utilizar en fechas tardías la siembra a doble hilera para que se protejan las plantas unas con otras.

Se menciona que el chile prospera en suelos desde ligeros a pesados, aunque presenta mejor desarrollo en los limo-arenosos y arenosos (Valadez, 1993).

Los vientos rasgan las hortalizas de hoja y causan raspaduras en los frutos; si estas ocurren cuando el fruto es pequeño, la lesión crece con el fruto y finalmente cicatriza, quedando una mancha plateada o parda (Corrales, 1993).

Durante el desarrollo de los frutos, la nutrición, es el factor más importante que afecta su composición, así como su comportamiento de postcosecha; la optimización de la nutrición mineral generalmente se basa en los análisis foliares. Mientras que el calcio es factor decisivo en la nutrición de frutas, tomate y ciertos vegetales, la nutrición para el chile depende del tipo que se trate, ya que para el pimiento es muy importante el potasio, que este debe ser más turgente y de células consistentes debido a que se empaca a granel para mercado nacional, mientras que para serrano y jalapeño es más importante el nitrógeno y el fósforo.

Los reguladores de crecimiento, afectan la producción principalmente frutícola en diferentes formas, y sus efectos en la capacidad de almacenamiento han sido

enfanzados en las últimas dos décadas. En Chile se aplica *Etefon* al follaje para mejorar el color y la madurez del chile, lográndose un mejor manejo y una cosecha uniforme (Weaver, 1989). Tanto auxinas como giberelinas incrementan eficazmente el amarre de frutos en pimientos, tomates, pepinos y berenjenas.

Las prácticas de riego deben ser adecuadas para asegurar un producto de buena calidad; esto es crítico, principalmente en hortalizas en donde una baja humedad en el suelo, aunque sea por unos días, puede afectar el crecimiento de la plantas, así también, los excesos de humedad tienen sus desventajas. Así por ejemplo, el contenido de capsicina de los chiles es mayor en las plantas que han recibido menos riego (Qualiotti, 1970).

Postcosecha

Cuando una cosecha ha sido recolectada en el campo, las operaciones de empacado, almacenamiento y transporte usualmente se denominan manejo de postcosecha. Esta fase del progreso de su producto hacia los mercados es tan crítica como todas las medidas que se han tomado anteriormente para plantar y cosechar un producto de calidad. Por supuesto que el buen manejo de postcosecha no puede mejorar la calidad del producto, pero sirve para conservar hasta que llegue al consumidor la calidad que ya posee. (McCue, 1993).

Se ofrecen las siguientes sugerencias basados en observaciones con cultivos de tomate, pimiento, y berenjena cosechados para la exportación hacia los Estados Unidos.

- Adiestrar y remunerar bien a sus encargados de cosechar, para asegurarse de que rindan una excelente labor de recolección. Dotarlos con las herramientas que necesitan: tijeras de podar, cubetas limpias, y otros útiles que faciliten el trabajo de cosecha, incluyendo bandas transportadoras sencillas que muevan el producto hasta la bodega del campo o a la góndola.
- Cosechar en la etapa indicada o ideal de madurez para asegurar que la calidad de mercado sea buena y uniforme. Falta de uniformidad en la cosecha incrementa la variación en la calidad del cultivo al llegar al mercado.
- Proteger al producto del sol. Trasladarlo de inmediato del campo y conservarlo a la sombra.
- Enfriar el producto lo más pronto que sea posible. Cada hora de retraso en el enfriamiento o remoción del calor del campo del producto, significa aproximadamente la pérdida de un día de duración en el anaquel.
- Analizar el número de operaciones que entran en el manejo final del producto, y tratar de reducir las. Cada vez que el producto es manipulado, las oportunidades

de daño se intensifican, se debe procurar ponerlo dentro de su embalaje lo antes posible.

- Inspeccionar la limpieza de la línea de empaque. Polvo y arenilla en la línea producen abrasiones en la superficie del producto. Utilizar agua para lavar la línea, incluir un desinfectante como el cloro, en el agua. Asimismo, monitorear el sistema de higienización para mantener exactos sus niveles de efectividad.
- Siempre que sea posible, mejorar la calidad del empaque. Buscar síntomas tales como heridas provocadas por filos, o por apretujamiento de frutas grandes en recipientes del tamaño inadecuado. Este tipo de daños en esta etapa reducen la calidad en el mercado, y causa pudrición de postcosecha.
- Disponer apropiadamente las cajas de empaque en las “paletas”, y apretar correctamente los “cinchos”. Si los empaques no están bien arreglados y asegurados, el producto usualmente se daña durante el transporte.
- Determinar la temperatura ideal para el almacenamiento y para el transporte de su producto en particular. No todas las hortalizas se pueden conservar a la misma temperatura.

- Aprender cuáles productos son incompatibles en cuanto a temperatura, humedad relativa, liberación de Etileno y su sensibilidad a este gas, y la capacidad de contaminar o ser contaminado por olores.
- Coordinar toda la manipulación en forma eficiente y rápida. Evitar las demoras. No tener producto detenido, esperando ser empacado. Coordinar su sistema para que los empleados trabajen a su completa capacidad, sin estar ociosos ni con trabajo excesivo.

En la medida que se realicen adecuadamente las prácticas de manejo posteriores se logrará el objetivo de la postcosecha de preservar esta calidad de corte hasta que llegue al consumidor.

Corte y Recolección

El corte y recolección de las especies hortícolas en México se realiza de manera manual y mecánica, prevaleciendo la cosecha manual, entre éstas se encuentra el chile. Mediante este sistema se asegura un producto de buena calidad debido a que los cosechadores hacen una selección del mejor producto al mismo tiempo que evitan dañarlo.

Entre las desventajas de la cosecha manual está centrada en el manejo laboral, ya

que a veces es difícil la contratación de mano de obra, además de que los cosechadores deben ser entrenados y supervisados para que proporcionen un buen rendimiento (Garza, 1992).

En México, el proceso de corte del Chile ancho, es completamente manual, para lo cual se utilizan cubetas o cajas de plástico para su recolección; así mismo se utiliza el mismo sistema para la cosecha de chile morrón o Bell para exportación.

Índices de Cosecha. Los índices de cosecha para chile ancho de uso más generalizado son específicamente, la brillantez y firmeza del pericarpio. En chiles Bell pueden cosecharse a diferentes estados de desarrollo de color como son: verde - maduro (Mature-green), rompiendo color (braker), cambiando color (turning) y rojo (colored). Siendo los frutos cosechados en verde-maduro aquellos que tienen menor porcentaje de pérdida de peso en el almacenamiento (Cantwell, 1989).

Normas de Calidad y Selección. La selección de los chiles se realiza de manera manual o bien mecánicamente, por medio de tamaño, lo cual está estrechamente relacionada con las normas de calidad.

En chiles anchos verdes no existe normatización, sin embargo se tiene preferencia por los frutos que presentan dos lóculos, ligeramente aplanados y de pungencia intermedia.

Las Normas Norteamericanas de Calidad para Chile Dulce establecen que cualquier lote de chiles que llene todos los requisitos de este grado, excepto los relativos al color, puede ser designado como “U.S. Fancy Red” si por lo menos el 90 por ciento de los chiles muestra cualquier cantidad de sombra de color rojo, o como “U.S. Fancy Mixed Color” si los chiles no llenan los requisitos del color “U.S. Fancy” o “U.S. Fancy Red” (UNPH, 1979)

Lavado y Desinfección.

Usualmente, el agua de los enfriadores se recicla repetidamente, lo que provoca alguna acumulación de microorganismos productores de descomposición, creando un problema de higiene, es por esto que el agua de enfriamiento debe ser tratada constantemente con sustancias químicas, tales como el hipoclorito para reducir al mínimo el desarrollo de patógenos (Hardenburg *et al.*, 1988).

El aumento en el número de frutos enfermos puede deberse a un mal manejo tanto de la cloración como de la temperatura del agua de las tinas de lavado. El cloro es ampliamente utilizado en las tinas de lavado de los empaques para el control de enfermedades de postcosecha, por que posee un amplio espectro de control, es barato y no deja residuos tóxicos para el consumidor, sin embargo es común observar que las hortalizas muestran pudriciones unos días después del tratamiento con cloro, lo cual puede atribuirse a un mal manejo de la cloración en la empacadora.

Generalmente para desinfectar la mayoría de las frutas y hortalizas se recomienda utilizar de 100 a 150 p.p.m. de cloro en agua a una temperatura de 40 °C y a un pH de 7.0, o bien suministrado en forma de gas como hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio. (Pérez 1995).

Preenfriado.

El preenfriamiento de postcosecha (Cuadro 2.3), sirve para quitar el calor del campo de los frutos recién cosechados, antes de su embarque, almacenamiento o proceso; esto inhibe el rápido proceso de deterioro que se inicia tan pronto como el producto se separa de la planta. El enfriamiento bien hecho es capaz de:

- Evitar el reblandecimiento.
- Demorar o eliminar la marchitez, reduciendo el crecimiento de los microorganismos causantes de la pudrición, tales como hongos y bacterias.
- Reducir la producción de Etileno o la reacción de la planta a su presencia.
- El enfriamiento de postcosecha no sólo protege la calidad, También ofrece flexibilidad en los mercados al permitir el embarque en el momento óptimo (McCue, 1993).

Empaque

Entre los objetivos del embalaje se encuentran la protección contra daños mecánicos, evitar la pérdida de agua de los frutos , el mantenimiento higiénico de los

Cuadro 2.3. Métodos de Preenfriamiento para Hortalizas.

CULTIVO	OPERACIÓN (VOLUMEN)	
	GRANDE	PEQUEÑO
Hortalizas de hojas -Col -Lechuga iceberg -Berza -Lechuga, espinaca, endivia, escarola, col china, bokchoy, romana	-EV,AP -EV -EV,C,EVA -EV,AP, EVA,HE	-AP -AP -AP -AP -AP
Hortalizas de raíz -Con punta -Despuntadas -Papa irlandesa, papa dulce	-HE,EH,AP -HE,EH -C,HE	-HE,AP -HE,EH,AP -C
Hortalizas de flor y tallo -Alcachofa -Espárrago -Brócoli, col de Bruselas -Coliflor -Apio -Cebolla verde, puerro	-HE,EH -HE -HE,AP,EH -AP,EV -HE,EVA,EV -EH,HE	-AP,EH -HE -AP,HE -AP -HE,AP -EH
Hongos	AP,EV	AP
Hortalizas de vaina -Frijol -Chícharo	-HE,AP -AP,EH,EV	-AP -AP,EH
Hortalizas de bulbo -Cebolla seca (Deben adaptarse al bulbo) -Ajo	-C -C	-C,AP -C,AP
Hortalizas de fruto -Pepino, papaya (Estas hortalizas son sensibles al FRÍO a varias temperaturas) -Melones -Crenshaw -Sandía -Chile -Calabaza de verano, okra, -Maíz dulce -Tomate verde -Tomate -Calabaza de invierno	-C,AP,AP-EE -HE,AP,EH -AP,C -AP,EH -C,AP,AP-EE -C,AP,AP-EE -HE,EV,EH -C,AP,AP-EE -C,AP,AP-EE -C	-AP,AP-EE -AP,AP-EE -AP,AP-EE -AP,C -AP,AP-EE -AP,AP-EE -HE,AP-EH -AP,AP-EE - -C
Hierbas frescas -Sin empacar (Pueden dañarse fácilmente por el agua de HE) -Empacados	-HE,AP -AP	-AP,C -AP.C
Nopal -Nopalitos -Tunas	-C -C	-AP -AP
C= Cámara de enfriado HE= Hidroenfriado EV= Enfriado al vacío EH= Empaque de hielo EVA= Enfriado al vacío con rociado de agua AP-EE= Enfriado con evaporación y aire a presión AP= Enfriado con aire a presión		

Fuente: Productores de Hortalizas 1996.

mismos, así como agilizar el manejo del producto, incrementar la mecanización del manejo, bajar los costos del transporte, manejo de mercadeo, adición de valor agregado y por consecuencia incrementar la ventas.

Los requerimientos de los envases son: fuerza mecánica, resistencia a la humedad y a otros factores ambientales, no deben contaminar los productos, deben permitir el enfriamiento, la ventilación, se deben abrir y cerrar fácilmente durante la inspección, deben identificar el tipo de producto que contengan así como mejorar el mercadeo. (Yahia, 1995).

Los chiles picantes se les empaca apretadamente en sacos de 200 libras o más y se almacenan sin refrigeración hasta por seis meses, mientras que para los chiles dulces se recomienda el empaclado en cajas de cartón perforadas para facilitar el enfriamiento por aire forzado, y si se emplea el hidrogenfriamiento se deben tomar precauciones contra la descomposición. Los pimientos dulces empacados en bolsas de polietileno perforado, tienen una semana más de vida de almacenamiento que los que se almacenan sin empacar. El uso de forros plásticos, en los cajones de almacenamiento ayuda a reducir las pérdidas de humedad (Hardenburg *et al.*, 1988).

Para el consumo nacional, los chiles anchos, en su mayoría, se transportan a granel del campo a los centros de acopio, trayendo consigo una elevada pérdida de productos ocasionada principalmente por daño mecánico, compresión y pérdida de

humedad. La pequeña parte que se destina para exportación se le da un manejo similar al de los pimientos morrones.

Almacenamiento

Los productos hortícolas normalmente requieren de cierto almacenamiento con el fin de equilibrar su oferta, demanda, transportar y abastecer los anaqueles.

Existen muchos métodos o sistemas de almacenamiento, desde los más sencillos como el amontonarlos y protegerlos solo con materiales protectores, hasta cuando se aplican las tecnologías más adelantadas en que las condiciones de almacenamiento son controladas con mayor precisión, por lo tanto la calidad de los productos se conserva mejor dada la extensión de su vida de almacenamiento y la reducción de pérdidas al mínimo.

Factores que afectan el almacenamiento.

Las condiciones más importantes de almacenamiento son la temperatura y la humedad relativa (Liu, 1992).

Temperatura. Es el factor más importante en el manejo postcosecha, dado que tiene influencia en los procesos vitales de los productos, tales como la respiración y

maduración que están regulados por la acción catalítica de las enzimas, cuya actividad es sensible a la temperatura aumentando de dos a cuatro veces por cada 10°C de aumento de temperatura; así mismo, dicha actividad disminuye conforme la temperatura se reduce (Mitchell, *et al*, 1972).

6. Humedad Relativa. Este es el segundo factor que debe considerarse ya que su manejo adecuado durante el almacenamiento minimiza la transpiración y la pérdida de agua de los productos, también ayuda en algunos productos a mantener su vigor y a retardar la senescencia. Un mal manejo de la alta humedad relativa puede ocasionar condensación, crecimiento de hongos en la superficie, piel agrietada, mayor deterioro, etc. (Liu, 1992).

La duración en el almacén, depende fuertemente de las condiciones de temperatura y humedad relativa, (cuadro 2.4).

6. Sistemas de Almacenamiento

Para diseñar un sistema adecuado, se requiere conocer la superficie, el volumen y la temperatura que cada producto necesita. El sistema de almacenamiento del producto, es tan importante como cualquier otro componente que debe tomarse en cuenta para obtener un buen rendimiento. Los sistemas de almacenamiento consisten de tres partes: la estructura de la edificación, el sistema de circulación de aire, los sensores y los controles que permiten el éxito de la operación (Bartsch, 1996).

Cuadro 2.4. Temperatura de refrigeración, humedad relativa óptima y periodo de almacenamiento de productos hortícolas seleccionados.

CULTIVO	TEMPERATURA OPTIMA (°C)	HUMEDAD OPTIMA (%)	DURACION EN ALMACEN.
Berenjena	8-12	90-95	1 semana
Brócoli	0	95-100	2 semanas
Calabaza	10-13	50-70	2-3 meses
Calabacita	7-10	95	1-2 sem
Camote	13	90	6-12 meses
Cebolla verde	0	95-100	3-4 semanas
Col	0	98-100	1-6 meses
Coliflor	0	95-98	3-4 sem
Chícharo verde	0	95-98	1-2 semanas
Ejote	4-7	95	7-10 días
Espárrago	1-4	90-95	1-12 meses
Lechuga	0	98-100	2-3 meses
Legumbres hoja verde	0	95-100	1-2 semanas
Maíz dulce	0	95-98	5-8 días
Melón cantaloupe	0-4	95	2 semanas
Papa	3-4	90-95	5-8 meses
Pepino	7-10	95	2 semanas
Pimiento	7-10	90-95	2-3 sem
Sandía	10-16	90	2-3 sem
Tomate	7-10	90-95	1 semana
Zanahoria	0	95-100	2 semanas

Fuente: Productores de Hortalizas 1993.

Refrigeración El almacenamiento refrigerado es el método más eficaz de mantener la calidad de las hortalizas, puesto que las bajas temperaturas retardan su deterioro y

descomposición (Saltveit y Morris 1990).

Los chiles, en general, pueden perder cerca del 7 por ciento de su peso fresco antes de que la calidad visual se vea afectada (Cantwell, 1989).

Los pimientos dulces sufren daños a temperaturas inferiores a los 7°C y a temperaturas mayores de 13°C se sobremaduran y son susceptibles a la descomposición bacteriana. Entre los 0 y 2 °C, los pimientos desarrollan la formación de hoyuelos en la superficie, en pocos días. Si se les mantiene a menos de 7°C, durante tiempo suficiente sufren importantes daños por enfriamiento y numerosas lesiones causadas por la podredumbre de *Alternaria*. A 4.5°C o menos los pimientos son atacables también por *Botrytis*. (Hardenburg *et al.*, 1988).

Los pimientos almacenados a 7.5°C presentan mejor calidad que los almacenados a 5°C continuamente, o a 5°C con tratamientos de calor intermitente. Un tratamiento efectivo de calor intermitente es mediante la transferencia a 15°C por 24 horas cada seis días. Mediante estos tratamientos se reducen las pérdidas de agua y daño por frío (Orozco y Cantwell, 1993).

El almacenamiento en refrigeración afecta a diversos procesos del fruto como:

Respiración. La respiración es afectada por la temperatura, por el efecto que tiene sobre la actividad de las enzimas, de tal manera que es el mejor factor para determinar los requerimiento de refrigeración (Sea-Land, 1988).

Cambios Composicionales. (Acido ascórbico o Vitamina C.) Aunque la hortaliza sea cortada de la planta, su vida continua, siguen sucediéndose en ella procesos que alteran su composición respecto al momento del corte y en general también representan una pérdida de calidad. Las hortalizas en su mayoría proveen vitaminas y minerales, una de las más importantes en el caso del chile, es la vitamina C. la cual su concentración disminuye después de la cosecha (Namesny, 1993).

Pérdida de Agua. (Transpiración). La pérdida de agua causada por el fenómeno de transpiración, se relaciona más con el déficit de presión de vapor (La diferencia entre la presión de vapor de agua de la atmósfera interna del producto y la del ambiente circundante) que con la humedad relativa ambiental. Sin embargo a temperatura constante la pérdida de peso tiene una correlación lineal con la humedad relativa, cuando esta es menor del 75 por ciento y a veces a porcentajes menores. Las principales estrategias para disminuir la pérdida de peso durante el almacenamiento son: temperatura baja, humedad relativa alta, bajas velocidades de aire, así como la modificación de atmósferas mediante plásticos (Namesny, 1993).

El control de la pérdida de humedad de los pimientos durante el manejo de postcosecha y el almacenamiento es sumamente crítico para mantener la calidad, en

virtud que la solidez del pimiento está directamente relacionada con su contenido de humedad. Una pérdida de 8 al 10 por ciento del agua resulta en un pimiento imposible de vender y la pérdida del cuatro o cinco por ciento causa una notable reducción en la firmeza del fruto. Las mejores condiciones para almacenar pimientos son temperaturas de 7°C y humedad relativa alta, mayor del 90 por ciento, esto es para almacenarlos hasta por dos semanas, si resulta difícil mantener elevada la humedad relativa conviene bajar a 5°C la temperatura, si es imprescindible almacenar a 5°C. Así mismo se recomienda un aumento intermitente de temperatura hasta 15°C por 12 a 18 horas cada seis días para reducir los daños por frío (Orozco y Cantwell, 1993).

Con una pérdida de peso del seis al siete por ciento, existe un crecimiento incipiente, pero se requiere de un 9 a 19 por ciento de pérdida de peso para que el encogimiento reduzca la calidad visual de los frutos. También existe variación en los cultivares en cuanto a la tasa de pérdida de la humedad de un 0.65 a 0.92 por ciento diario (Cantwell, 1990).

Cambio de Color. El fruto del chile presenta comportamiento climatérico irregular.

Incidencia de Enfermedades. Varios son los microorganismos que pueden afectar en el almacenamiento de productos, entre los más importantes se encuentran las especies polífagas como los hongos *Botrytis*, *Sclerotinia* y la bacteria *Erwinia*, que pueden estar ya presentes en el campo (Namesny, 1993).

Tomates, calabacitas y pimientos que han sido demasiado refrigerados son especialmente susceptibles a pudriciones tales como la causada por el hongo *Alternaria*.

El control químico es eficaz para evitar el desarrollo de alteraciones, aunque éstas también se pueden minimizar por tratamientos culturales y físicos y por mejoramiento genético de cultivares menos susceptibles (Colinas, 1992).

Para evitar la contaminación después de la cosecha, se utilizan soluciones de bórax, hipoclorito de sodio y ortofenilfenato de sodio para desinfección de cajas, recipientes, bandas, desinfección de equipo y agua de lavado, el formaldehído entre el 1 y tres por ciento para su aplicación en la atmósfera (Aragón, 1992).

Entre los tratamientos cuarentenarios utilizados en Chile se encuentra el de radiaciones ionizantes, que presenta la ventaja de que además de actuar como tratamiento cuarentenario, alarga la vida de anaquel. La mayoría de los productos frescos toleran irradiaciones a dosis de 0.30 kGy (1 kGy = 100 kilorads) con poco o nulo efecto detrimental de la calidad, sin embargo a dosis entre 0.30 y 1.0 kGy algunos productos pueden ser dañados. Las dosis de irradiación arriba de 1.0 kGy producen un estrés que puede resultar en varios desórdenes fisiológicos que en los chiles se manifiesta como un amarillamiento acelerado, al igual que en pepinos y calabazas de verano (Siller, 1995).

Daño por Frío. El daño por frío es la limitante mas importante de la refrigeración. En los cultivos susceptibles de sufrir quemaduras por el frío, el almacenamiento refrigerado puede causar más daños que beneficios (Lyons y Breiderbach, 1987).

Productos como el frijol, pepino, berenjena, okra, pimientos dulces, calabaza, papa dulce y tomate son sensible a las temperaturas bajas, pero por encima de la congelación, y por lo tanto es susceptible a deteriorarse con el frío.

Los síntomas comunes incluyen picadura, decoloración, empapadura, descomposición interna, maduración irregular o incompleta, pérdida de sabor y debilitamiento de los tejidos, lo que hace al cultivo susceptible de pudrirse.

Los productos congelados pueden parecer saludables al retirarse del almacén refrigerado, pero los síntomas de lesiones por frío se desarrollan rápidamente en temperaturas más cálidas y se hacen evidentes a los pocos días de haberse llevado el producto al mercado (Wang, 1995).

Tanto el tiempo como la temperatura actúan en el daño por frío. El daño puede suceder en corto tiempo si la temperatura está muy por debajo del punto crítico, pero algunos productos son capaces de resistir unos pocos grados por debajo del punto de peligro por tiempos más prolongados.

Los efectos de las bajas temperaturas son acumulativos en ciertos cultivos. Las bajas temperaturas sufridas en tránsito, y aun en el campo antes de la cosecha, añaden sus efectos a la temperatura baja que experimentan en almacenamiento.

Se puede aumentar la tolerancia del producto al daño por frío o retardar el desarrollo de los síntomas de la lesión por baja temperatura mediante técnicas como: elevar la temperatura del almacén intermitentemente, precondicionar el producto, almacenamiento en atmósferas controladas, tratamiento previo con calcio o con Etileno, encerado y envoltura de cada unidad con papelillo. Si se provee de alta humedad, la vida de anaquel de los pimientos se optimiza con almacenamiento a 7.5°C. pero si los pimientos se almacenan a bajas condiciones de humedad, el almacenamiento a 5°C interrumpido por cortos períodos a 15°C, por 24 horas, puede ser una alternativa viable, la cual reduce las pérdidas de agua y daño por frío (Orozco y Cantwell, 1993).

Mantener la humedad relativamente alta puede prevenir la lesión por frío. La película de empacar, por ejemplo, puede mantener una humedad elevada durante el almacenamiento.

Muchas sustancias químicas y reguladores del crecimiento reducen eficazmente la lesión por frío, pero la mayoría son experimentos y no han sido aprobados por la administración federal de drogas (Federal Drug Administration FDA). Entre los productos disponibles están:

- El calcio, que reduce la lesión por frío en tomate.
- La etoxiquina y el benzoato de sodio son eficaces en pepino y pimiento dulce.
- Los compuestos del triazol, aumentan la tolerancia, como lo hacen los reguladores del crecimiento como el ácido absísico, las poliamidas y el metil-jasmonato.

En el cuadro 2.5, se puede observar el límite de temperatura de refrigeración y los síntomas de daño por frío en diferentes hortalizas.

Cuadro 2.5 Temperatura Mínima de Refrigeración, para Hortalizas y Síntomas de Daño por Frío.

HORTALIZAS	NO REFRIGERE POR ABAJO DE	SINTOMAS
Chícharo	7°C	Picado y bermejamiento
Pepino	7°C	Picado, manchas mojadas, marchitez.
Berenjena	7°C	Superficie escaldada pudrición por <i>Alternaria</i> , ennegrecido de semillas
Okra	7°C	Decoloración, zonas mojadas, picado, marchitez
Pimientos dulces	7°C	Picado laminar, pudrición por <i>Alternaria</i> , ennegrecido de semillas
Calabaza, amarilla y zucchini	7°C	Picado, pudrición por <i>Alternaria</i>
Papa dulce	13°C	Marchitez, picado, decoloración interna, interior endurecido, sin sabor al cocerse
Tomate, maduro-verde	13°C	Pudrición por <i>Alternaria</i> , maduración irregular
Tomate maduro	7°C	Mojado y reblandecido, marchitez.

Fuente: Productores de Hortalizas. 1995.

Atmósferas Modificada y Controlada. Nuestra atmósfera posee aproximadamente el 79 por ciento de N_2 , el 21 por ciento de O_2 , el 0.03 por ciento de CO_2 y cantidades trazas de otros gases.

La vida de los productos hortícolas se puede alargar reduciendo la concentración de O_2 y aumentando la de CO_2 o combinando ambas situaciones. Se han desarrollado sistemas de almacenamiento en atmósferas controladas (AC) o atmósferas modificadas (AM), sin embargo no son necesariamente benéficas para todos los productos, ya que algunos son susceptibles al daño por bajo O_2 y alto CO_2 , pero esto varía de producto a producto.

En términos técnicos, AC o AM comprende la remoción o la adición de gases alrededor del producto. La diferencia principal entre la AM y AC es el grado de control; la AC exige una mayor intervención que la AM.

Poner los productos de hortaliza dentro de un empaque sellado, ya sea una bolsa de polietileno, un contenedor, empapelado o el encerado los sujeta a una atmósfera modificada. Ya que, al tomar oxígeno y desprender bióxido de carbono durante la respiración, la hortaliza modificará la atmósfera interna del empaque. Pero diferentes productos respiran con velocidades diferentes y por ello, empaquetar todo en un mismo material o en el material impropio puede producir resultados dispares y hasta causar más daños que beneficios (Klassen, 1994).

En general, se observa que los empaques con atmósfera modificada aumentan la vida de anaquel del 15 al 30 por ciento, por lo cual se considera un excelente complemento, pero nunca como suplemento de la refrigeración.

Las AC y AM tienen efecto sobre el metabolismo respiratorio, enzimático, sobre la oxidación, la síntesis y acción del Etileno, controla las pérdidas en vitaminas, controla patógenos, insectos, la maduración y la senescencia además de mantener la calidad y vida de anaquel. Entre las desventajas que tienen estos tipos de almacenamiento son: el desarrollo de algunos desórdenes fisiológicos, la maduración irregular, el desarrollo de sabores y olores desagradables, aumenta la susceptibilidad a enfermedades.

El efecto positivo o negativo de las AC y AM depende del tipo y variedad del producto a almacenar, del estado fisiológico del mismo, de la composición de la atmósfera, de la temperatura y de la duración del almacenamiento bajo estas condiciones.

Respiración. Limitando la disponibilidad de oxígeno mientras que se propicia la liberación o acumulación de diversas cantidades de bióxido de carbono, según sea lo que se trate de lograr con el empaque, permiten precisamente el suficiente oxígeno en el interior del empaque para impedir que la atmósfera se vuelva anaeróbica. Si se desarrollan condiciones anaeróbicas, se modificará el metabolismo del producto y se puede provocar malos olores.

La respiración de los frutos de chile morrón es afectada por niveles reducidos de O_2 , los niveles recomendados para el almacenamiento de chiles morrones está entre 3 y 5 por ciento (Kader, 1985).

Concentración de Etileno. La concentración de este gas en el aire de espacios abiertos es casi nula, y la producción para el caso del chile, es considerada como baja, (Cuadro 2.6), pero la reducción del volumen causado por la modificación de la atmósfera, por ejemplo el encerado o el individualizado, incrementa este gas a concentraciones que puede provocar una sobremaduración del producto.

Cuadro 2.6. Clasificación de las Hortalizas y Frutas en Función de la Tasa de Producción de Etileno.

Clase	Tasa de Producción a 20°C ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{Kg}\cdot\text{hr.}$)	Producto
Muy baja	menor de 0.1	Alcachofa, , Coliflor, Espárrago, Fresa, Hortalizas de Hoja y raíz, patata.
Baja	0.1 - 1.0	Berenjena, Calabaza, Melones, Pepino, Chile o Pimiento (Dulce y Picante), Sandia.
Moderada	1.0 - 10.0	Melon Honey Dew, tomate.
Alta	10.0 - 100.0	Aguacate,
Muy alta	Mayor de 100.0	

Fuente: Kader et al (1992c).

Acido ascórbico. También se reduce la marchitez, que puede significar mayor retención de vitamina C, y puede también reducir ligeramente los daños por congelación. El incremento de la vida de anaquel igualmente significa la reducción de los costos de transporte y hace posible que el producto viaje en transportes de superficie más lentos en

lugar que tener que despacharlos por carga aérea. Al parecer se está asegurando que el producto y el empaque constituyan la pareja adecuada.

Pérdida de Agua. La modificación de la atmósfera mediante plásticos , lleva por objetivo disminuir la pérdida de agua, mediante la creación de microambientes saturados de agua, lo cual en el caso del chile morrón con el uso de ceras además resalta su apariencia (Namesny, 1993).

Incidencia de Enfermedades. Al igual que los frutos, los microorganismos pueden ver afectada su tasa respiratoria con la reducción del oxígeno o el incremento de bióxido de carbono, de tal manera que se disminuye su desarrollo (Namesny, 1993).

El hongo *Botrytis*, requiere de altas humedades relativas y temperaturas de 18 a 23 °C, para que esporule, libere y germine sus esporas y produzca infección (Agrios, 1989).

Cambio de Color. Uno de los beneficios que se obtiene con la modificación de la atmósfera, en específico con la disminución en la disponibilidad de oxígeno es el mantenimiento del color, motivado por la degradación más lenta de la clorofila (Namesny, 1993).

La baja concentración de oxígeno (3 a 5 por ciento) en la atmósfera retarda la maduración y la respiración durante el transporte y almacenamiento. Las altas

concentraciones de bióxido de carbono retrasan la pérdida del color verde, pero causan la decoloración del cáliz (Hardenburg *et. al.* 1988).

Los tratamientos de Etileno en postcosecha no afectaron suficientemente el grado de coloración en los frutos cosechados en estado verde-maduro o braker para garantizar su uso comercialmente. Los chiles almacenados a 25°C bajo altas humedades pudiera ser eficiente para optimar el desarrollo del color (Cantwell, 1989).

Daño por Frío. El almacenamiento en atmósfera controlada reduce los síntomas de daño por frío al ajustar la concentración de oxígeno y bióxido de carbono, la sincronización y duración del tratamiento, y la temperatura de almacenamiento. Según las condiciones de almacenaje, este método puede ser benéfico, depresor o ineficaz, así mismo la película de empacar, por ejemplo, puede mantener una humedad elevada durante el almacenamiento. El encerado tiene un efecto similar en los producto frescos (Wang, 1995).

MATERIALES Y METODOS

Localización del Area de Estudio

El experimento se realizó, en el laboratorio de postcosecha del departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (U.A.A.A.N.), que se ubica al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, comprendido entre las coordenadas 101° 1' 33" de longitud oeste y de 25° 20' 57" latitud norte del meridiano de Greenwich con una altura de 1800 m.s.n.m.

Descripción del Area de Estudio

Se utilizaron cuatro cámaras de refrigeración convectiva de 12 m³. con control de temperatura automático y flujo de aire forzado. Además de un cuarto de almacenamiento con temperatura ambiente.

Definición de Tratamientos

Se evaluaron cinco temperaturas y dos atmósferas (Cuadro 3.1), los tratamientos fueron 10 y se arreglaron en un diseño completamente al azar con arreglo

bifactorial, con ocho repeticiones por tratamiento, siendo un fruto por repetición.

Modelo Estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \sum_{ijk}$$

Donde: α_i = Factor A.

$i = 1, 2, \dots, 5$. [Temperaturas, 5°C, 10°C, 13°C, 15°C y Ambiente (21°C)]

β_j = Factor B.

$j = 1, 2$ (Sistemas de almacenamiento, Atmósferas normal y modificada).

Cuadro 3.1. Descripción de tratamientos.

Factor A.		Factor B.	
Niveles	Temperaturas Utilizadas	Niveles	Sistema de Almacenamiento
1	5°C	1	Atmósfera Normal
		2	Atmósfera modificada
2	10°C	1	Atmósfera Normal
		2	Atmósfera modificada
3	13°C	1	Atmósfera Normal
		2	Atmósfera modificada
4	15°C	1	Atmósfera Normal
		2	Atmósfera modificada
5	Temperatura Ambiente	1	Atmósfera Normal
		2	Atmósfera modificada

Para aquellos análisis de varianza (ANVA), que mostraron diferencias significativas en las medias de los tratamientos, se aplicó la prueba de diferencias de medias de tukey considerando un 95 por ciento de confianza (Tukey $P \leq 0.5$).

Establecimiento del Experimento

Se obtuvo chile Ancho, criollo de Ramos Arizpe de un lote comercial el día 16 de agosto de 1996, seleccionándose los frutos de mejor apariencia.

Posteriormente fueron lavados en solución de agua y cloro a 50 ppm y secados con aire. Inmediatamente se procedió a determinar el peso individual, etiquetando los frutos y empacando en las charolas.

Para atmósfera modificada se utilizó charolas de polivinilo de 25 X 20 cms cubriéndolas con plástico autoadherible (Clean pack).

Una vez empaquetado el producto se introdujo a las cámaras de refrigeración previamente enfriadas a las temperaturas requeridas y a un cuarto de almacenamiento con condiciones ambientales.

Se midió diariamente temperatura con un termómetro de máximas y humedad relativa con un psicrómetro, para condiciones de medio ambiente y sólo humedad relativa para los tratamientos de refrigeración (Fig. A1); con estos datos se estimó el Déficit de Presión de Vapor (DPV) mediante el nomograma DPV.

Variables Medidas.

Con el propósito de estudiar las relaciones de temperatura (T°C), Atmósfera Modificada (AM) y la interacción T - AM, se realizaron las siguientes mediciones de pérdida de peso, cambio de color, contenido de clorofila, incidencia de enfermedades, daño por frío, y acidez total.

Pérdida de peso.

La medición de esta variable se realizó, utilizando el método gravimétrico, pesando en una balanza granataria, calibrada con una balanza electrónica, cada uno de los chiles antes de introducirlos a las cámaras de refrigeración. Posteriormente se determinó el peso cada 48 horas, tomando una repetición, para obtener por diferencia la pérdida de peso, presentándose en por ciento (%). En total se realizaron ocho mediciones, en un período de 17 días.

Cambio de color.

Como medida subjetiva; se midió el cambio de color de verde a rojo del pericarpio del fruto, bajo la siguiente escala A = 0 % (completamente verdes), B = 1 - 20 %, C = 21 - 40 %, D = 41 - 60%, E = 61 - 80 % F = 81 - 100%. Esta medición se realizó cada 48 hrs simultáneo a la determinación de peso.

Contenido de Clorofila.

Se determinó utilizando el método de refractometría (A. 2), que al igual que la acidez total se midió con solo cuatro repeticiones cada 48 hrs.

Incidencia de enfermedades.

Mediante la aparición de la sintomatología, se contabilizó su incidencia y posteriormente se analizó en el laboratorio de Patología del Departamento de Parasitología de la U.A.A.A.N., para determinar el agente causal. Esta observación se efectuó cada 48 hrs.

Daño por frío.

Esta variable se analizó visualmente, sacando los chiles de las cámaras de enfriamiento, dejándolas a temperatura ambiente durante 12 hrs y posteriormente contabilizando los chiles que presentaran manchas necróticas típicas del daño por frío. Para esta evaluación se observó durante 17 días en ocho mediciones.

Acidez.

Esta variable se determinó, utilizando el método de colorimetría (A. 3). usando sólo cuatro repeticiones, tomando dos chiles por repetición y homogeneizando la muestra. Así mismo se realizó cada 48 hrs.

Se realizó el análisis estadístico mediante el programa sistema de análisis estadístico; "Statistics Analysis System. (SAS) y el paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5.

RESULTADOS Y DISCUSION

Pérdida de Peso.

Estadísticamente las diferencias en la tasa de pérdida de peso, fueron altamente significativas ($P \leq 0.5$), tanto en los tratamientos de temperatura como en las atmósferas utilizadas (Cuadro 4.1).

Cuadro 4.1. Tasa de pérdida de peso diaria porcentual (grs).

TEMPERATURA	ATMÓSFERA	
	NORMAL	MODIFICADA
5°C	0.8277 a	0.2662 a
10°C	0.8182 a	0.2115 a
13°C	0.9811 a	0.1800 a
15°C	1.5900 b	0.3280 b
AMBIENTE	3.0700 c	0.6216 c
C.V.	5.64	5.64
X	1.4574	0.3198

La Atmósfera Normal (AN), presenta las mayores pérdidas diarias porcentuales a razón de 4.5 veces más que la Atmósfera Modificada (AM).

Las diferencias mostradas en los tratamientos de atmósferas, se pueden deber; a que con el uso de AM, se afecta la Humedad Relativa (HR) incrementado por el

proceso de transpiración del fruto, por consecuencia el Déficit de Presión de Vapor (DPV) disminuye, lo cual tiene efecto sobre la pérdida de peso o agua del fruto, considerando que el DPV, en AN a temperatura ambiente en promedio fue de 5.9 milibares (mb), y de 0.9 a 1.8 para los tratamientos de refrigeración, mientras que en los tratamientos de AM, que en teoría su HR es alta el DPV, se mantuvo por debajo de estos valores.

La variación en los tratamientos de temperatura, al igual que en los de atmósferas, también fue significativo; donde los tratamientos a 5°C, 10°C, y 13°C, tuvieron pérdidas muy similares de aproximadamente la mitad que el tratamiento a 15°C y la tercera parte de el tratamiento a temperatura ambiente.

En condiciones de AN, los tratamientos de 5°C, 10°C y 13°C con una pérdida diaria de 0.82 por ciento a 0.98 por ciento se asemejan a los resultados obtenidos por Cantwell (1990), quien evaluó 20 variedades de chile morrón, en los que encontró, que almacenados a 15°C, con una HR de 70 por ciento, tuvieron pérdidas promedio de 0.86 por ciento.

Posteriormente Cantwell (1990), probando con cinco diferentes tipos de chile, entre ellos: anaheim, caribe, fresno, serrano y jalapeño, almacenados a 2.5°C, 10°C y 20°C, determinó que su pérdida diaria porcentual promedio es de 0.08 por ciento, 0.22 por ciento y 1.8 por ciento para 2.5°C, 10°C, y 20°C respectivamente.

Los resultados obtenidos comparados con los datos citados, sugieren que tanto la temperatura, por la capacidad mayor del aire caliente para retener humedad, como la HR, son los principales factores a considerar, en virtud de su efecto sobre el DPV y por consiguiente en la pérdida de peso del fruto.

En general se requirió de un 5 - 7 por ciento de pérdida de peso para que empezaran a manifestar los síntomas visuales de deshidratación del fruto, y de un 20 por ciento para que el producto se considerara no comercializable. A diferencia del fruto de chile morrón en el cual encontraron que se requiere de un 6 - 8 por ciento para manifestar síntomas de deshidratación y de 9 a 10 por ciento para que los síntomas de deshidratación afecten la calidad del fruto, Cantwell et al (1991).

Esta mayor sensibilidad del chile ancho puede responder a que el fruto de chile morrón presenta un pericarpio más grueso y succulento, además de una epidermis más gruesa y cerosa.

Por otra parte, la dinámica de la pérdida de peso durante el almacenamiento para los tratamientos de atmósferas modificada y normal fue también significativo (Figuras 4.1 y 4.2).

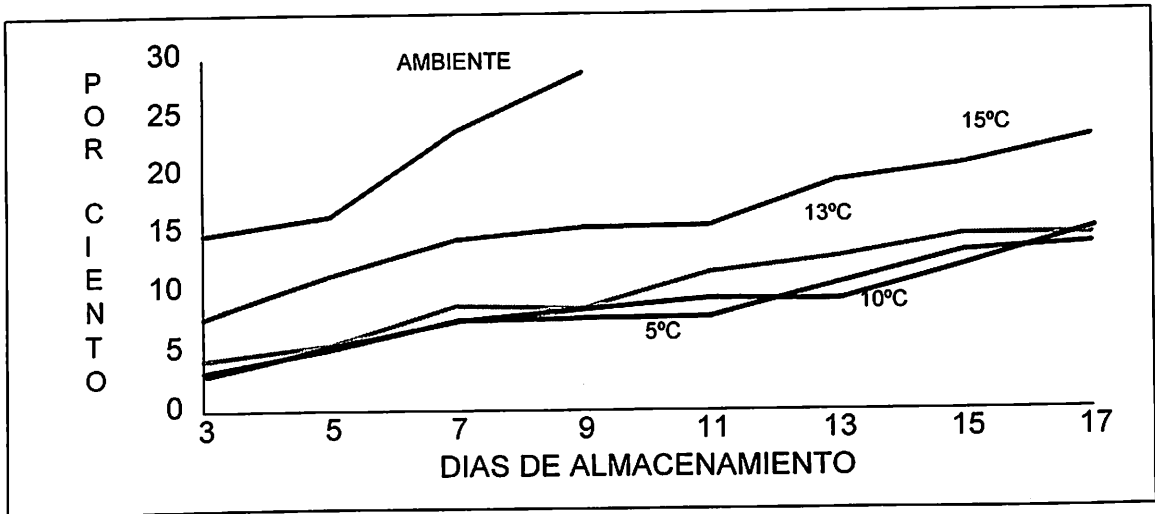


Figura 4.1. Pérdida de peso a diferentes temperaturas y atmósfera normal

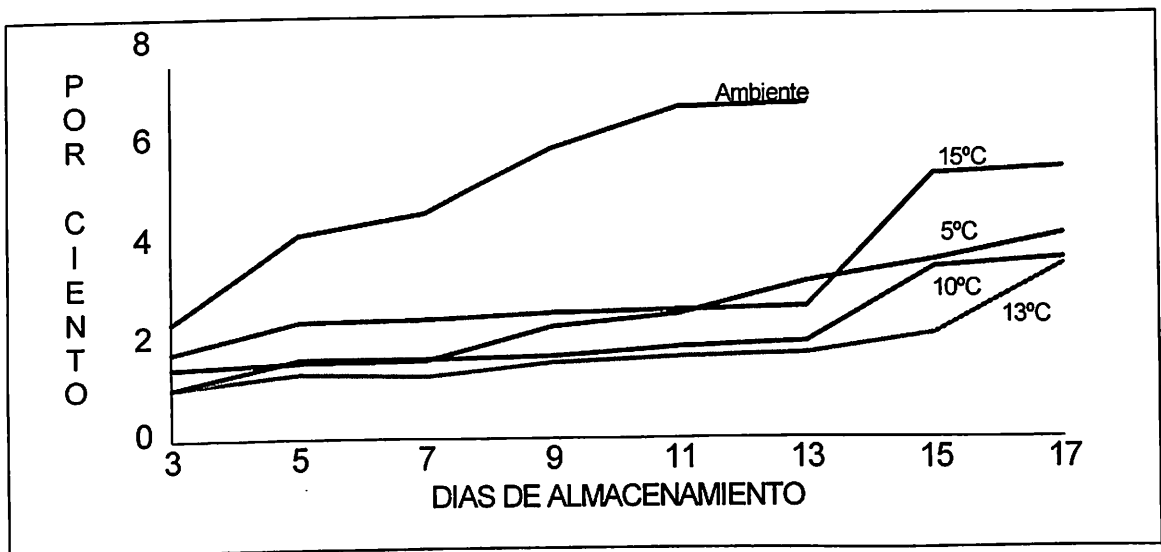


Figura 4.2 Pérdida de peso a diferentes temperaturas y atmósfera modificada

También en las figuras 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, y 4.7, se puede apreciar el comportamiento en cada temperatura de almacenamiento tanto en AN como AM, de igual manera el período máximo de almacenamiento para cada tratamiento.

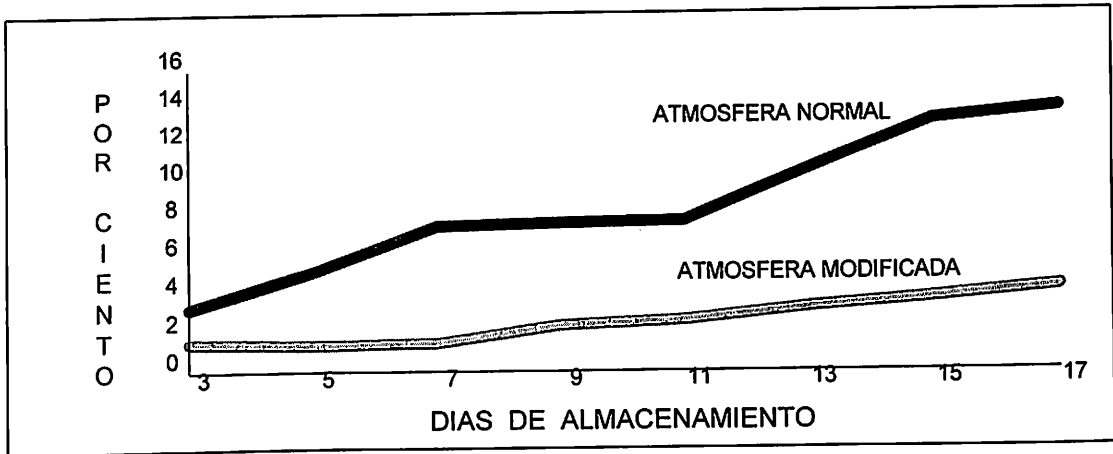


Figura 4.3 Pérdida de peso a 5°C en atmósfera normal y modificada

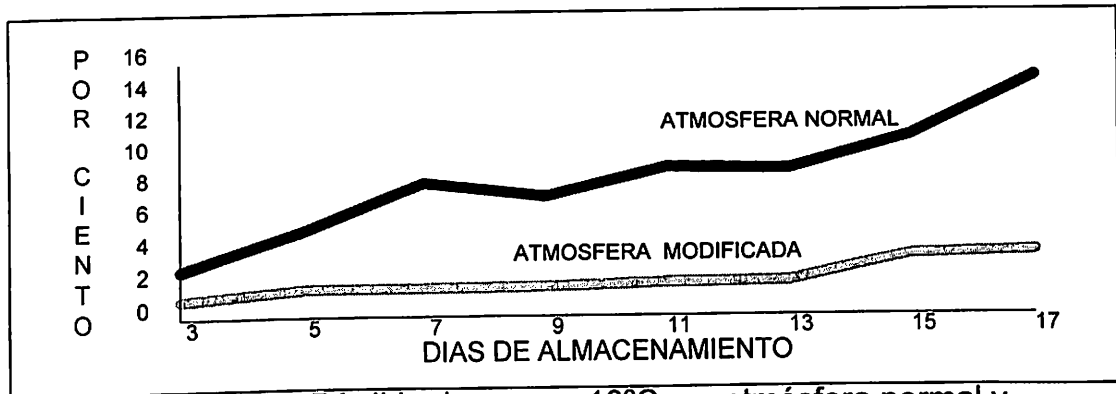


Figura 4.4 Pérdida de peso a 10°C en atmósfera normal y modificada

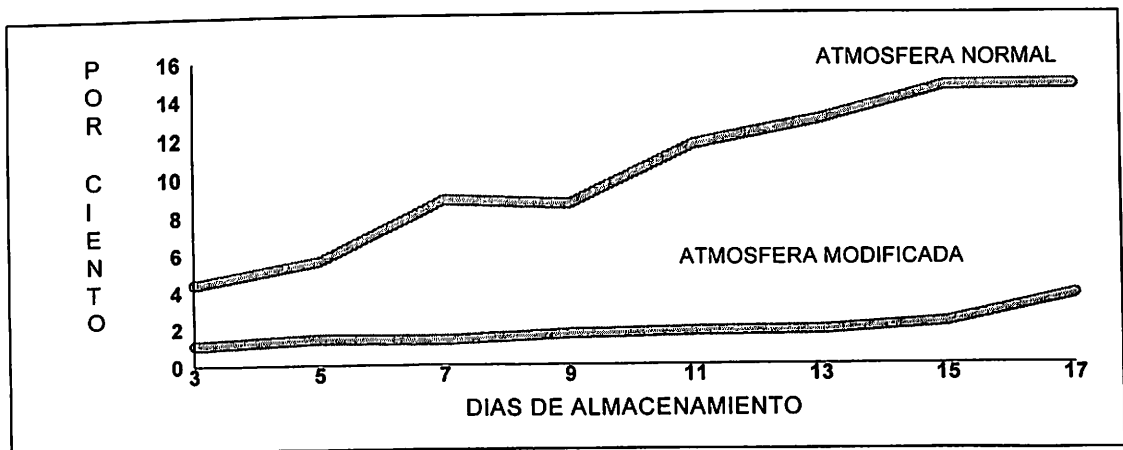


Figura 4.5 Pérdida de peso a 13°C en atmósfera normal y modificada

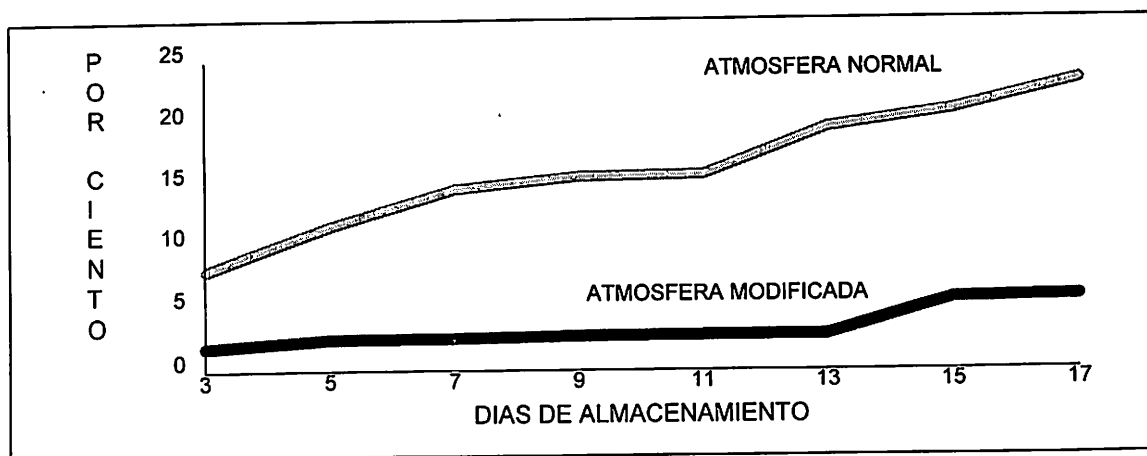


Figura 4.6 Pérdida de peso a 15°C en atmósfera normal y modificada

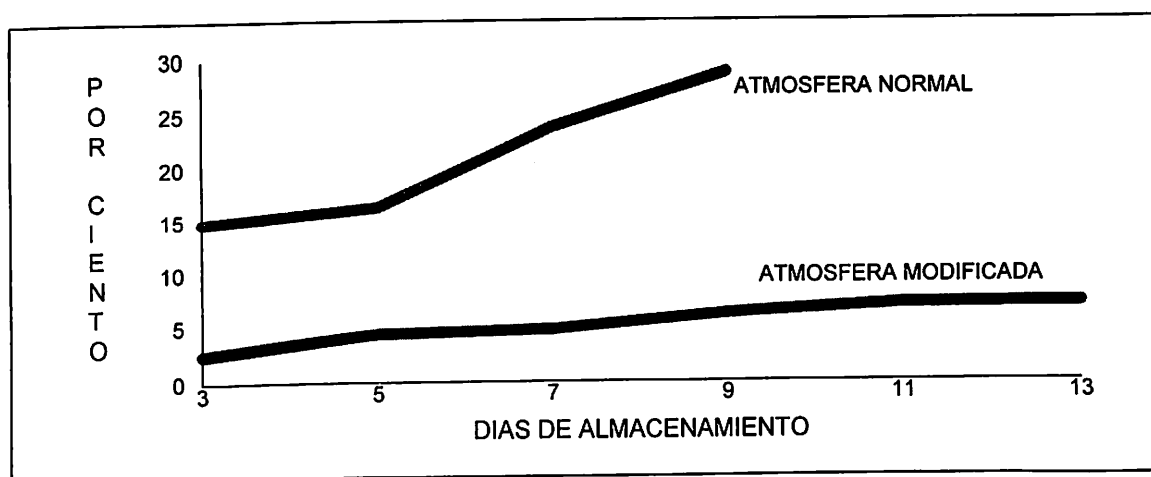


Figura 4.7 Pérdida de peso a temperatura ambiente en atmósfera normal y modificada

Cambio de Color.

Medido como la presencia de coloración roja en el pericarpio del fruto; fue afectado principalmente en los tratamientos de temperatura y en menor grado por la atmósfera utilizada; siendo las temperaturas de 15°C y ambiente, las que presentaron mayor grado de coloración en rangos de A a E, en la escala propuesta (Cuadro 4. 2).

Cuadro 4.2. Grado de Coloración presente en el pericarpio del fruto de chile, en la escala de A a F.

TEMPERATURA	ATMÓSFERA	
	NORMAL	MODIFICADA
5°C	A - B	A - A
10°C	A - B	A - B
13°C	A - C	A - C
15°C	A - D	A - D
AMBIENTE	A - D	A - E

Estos resultados hacen suponer que el factor más importante en este caso es la temperatura, habiendo de recordar que la presencia de color rojo se debe al cambio de cloroplastos a cromoplastos, en específico lycopersicina y xanthofilas, que son las responsables de la coloración. La síntesis de estos compuestos se realiza más eficientemente en un rango de temperatura de 20 a 35°C, por arriba o bajo este rango la velocidad se reduce considerablemente. Esto explica el hecho que para la maduración forzada de chiles morrones se proponen temperaturas en el orden de 25°C bajo altas humedades para optimizar el desarrollo del color (Cantwell, 1989). De ahí que una atmósfera controlada o modificada no ofrezca una alternativa para la maduración forzada de chiles morrones cosechados en verde-maduro, según afirma Cantwell (1989), que probó tratamientos de Etileno en postcosecha, encontrando que los resultados no mostraron efecto suficiente sobre la maduración, para garantizar su uso comercialmente. Así mismo la incidencia durante el almacenamiento fue muy variable afectando principalmente a las temperaturas de 13°C, 15°C y ambiente (Figura 4.8).

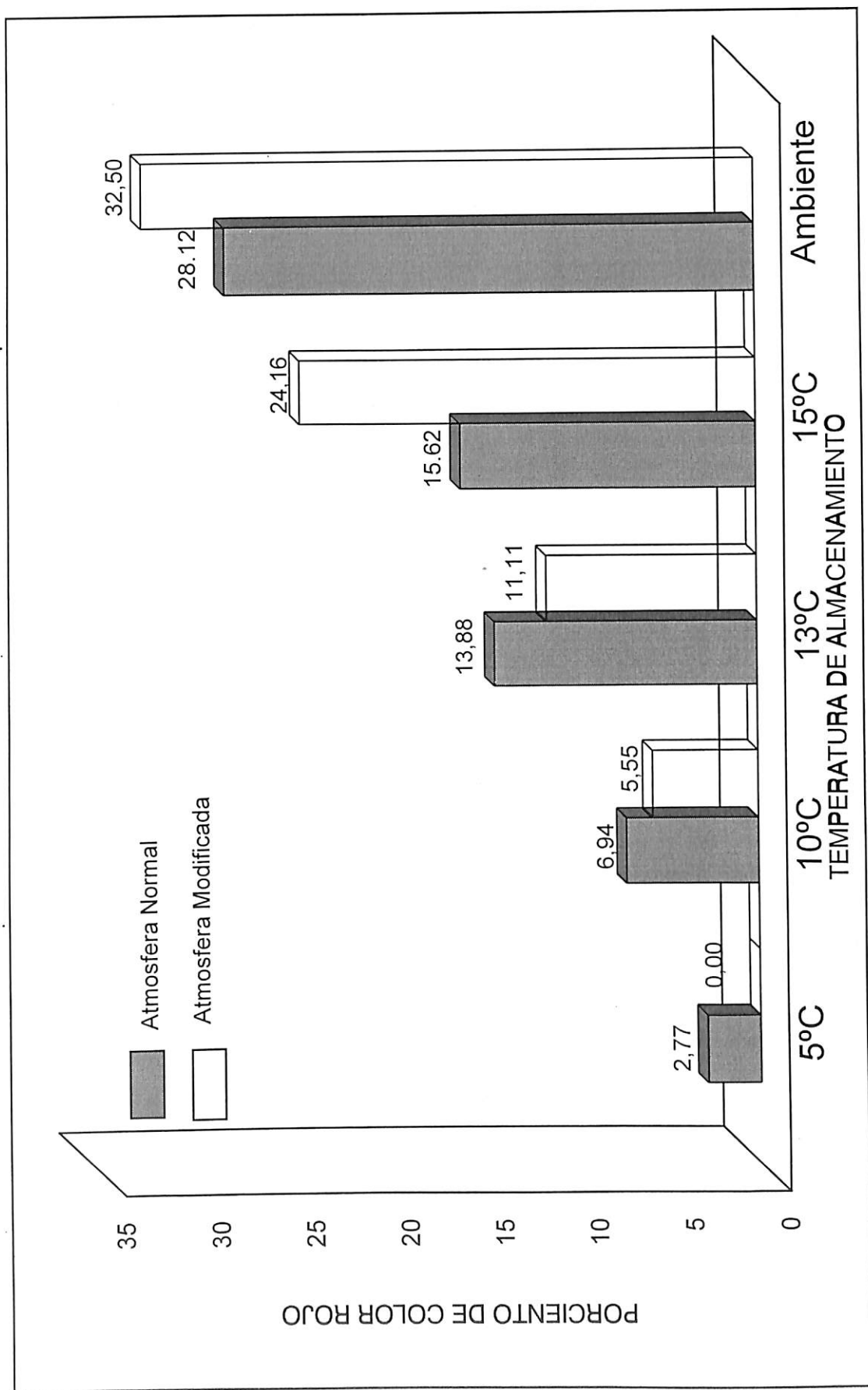


Figura 4.8. Incidencia en porcentaje de color rojo en el pericarpio del fruto.

Los resultados obtenidos, en cuanto a incidencia de color, sugiere que los frutos fueron cosechados cuando éstas ya habían iniciado la síntesis de pigmentos, dado que estos frutos presentan climaterio solamente que hayan alcanzado la madurez fisiológica, de otra manera si son cosechados antes no cambian de color, es decir no sintetizan pigmentos caroténicos.

El tiempo a la aparición del color también fue diferente en todos los tratamientos, por ejemplo: a 15°C, se presentó a partir del séptimo día de almacenamiento en AN, y para AM a partir del 15vo. día. (Figura 4.9).

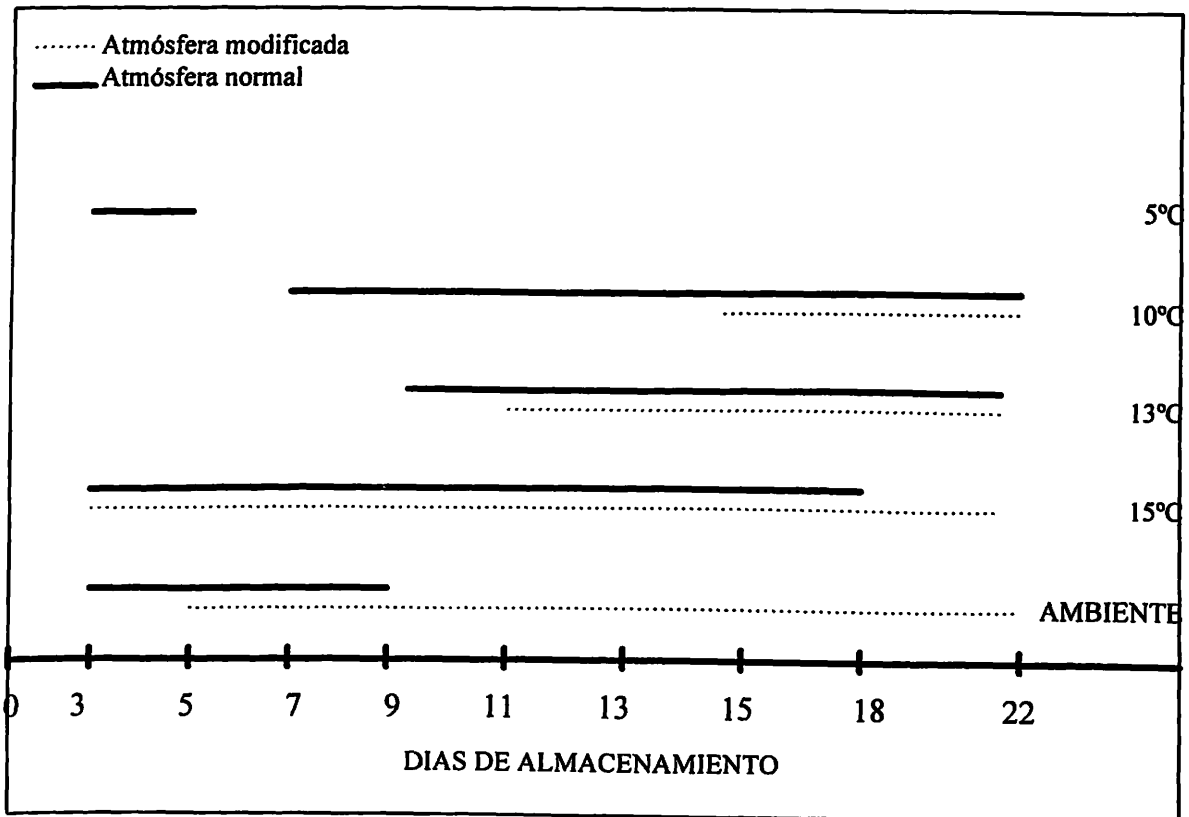


Figura 4. 9. Aparición de coloración roja en el pericarpio del fruto durante el período de almacenamiento.

Clorofila

El análisis de esta variable reveló diferencias significativas ($P \leq 0.5$), entre los tratamientos de temperatura, pero no para los de atmósfera.

El contenido de clorofila observó una tendencia a disminuir Figuras (4.10, 4.11, 4.12, 4.13, y 4.14), presentándose más drásticamente en el tratamiento a 15°C temperatura ambiente.

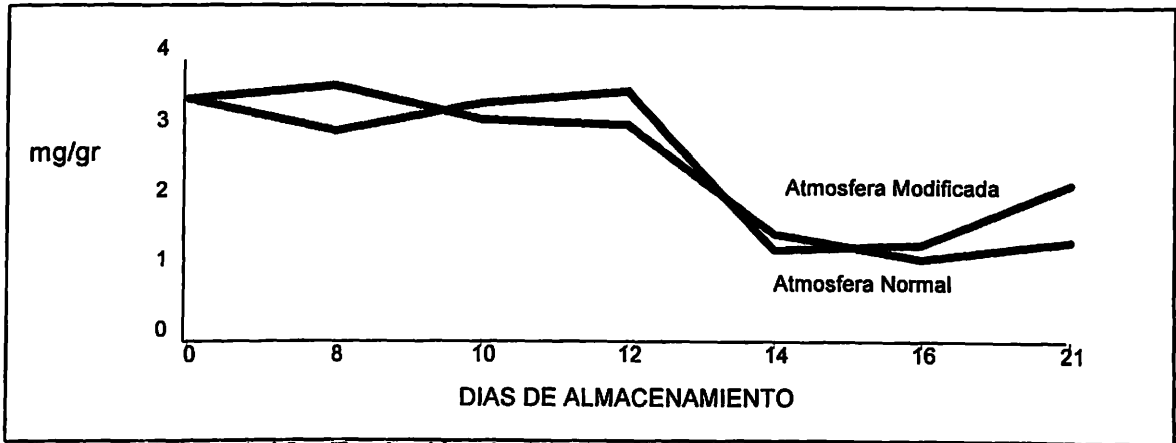


Figura 4.10 Evolución de la Clorofila durante el almacenamiento a 5°C en atmósfera normal y modificada

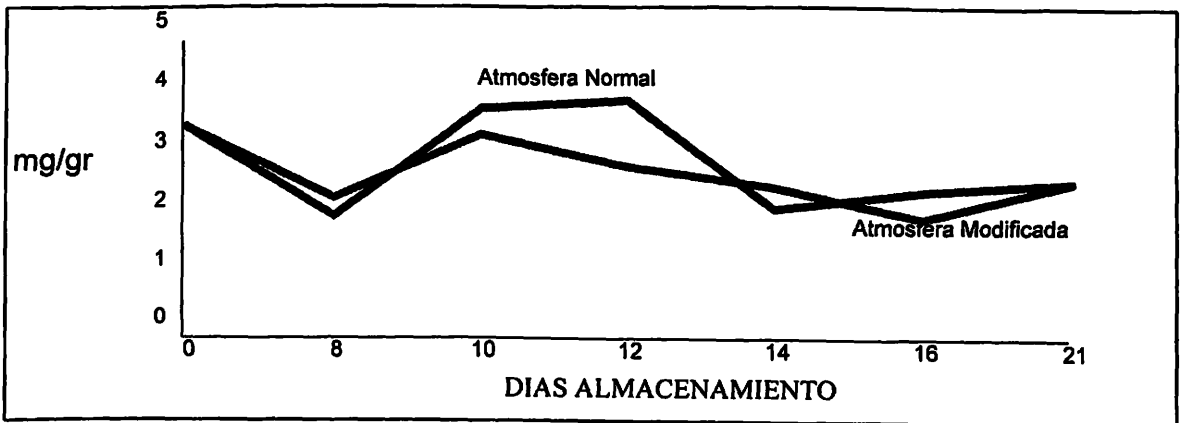


Figura 4.11 Evolución de la Clorofila durante el almacenamiento a 10°C en atmósfera normal y modificada

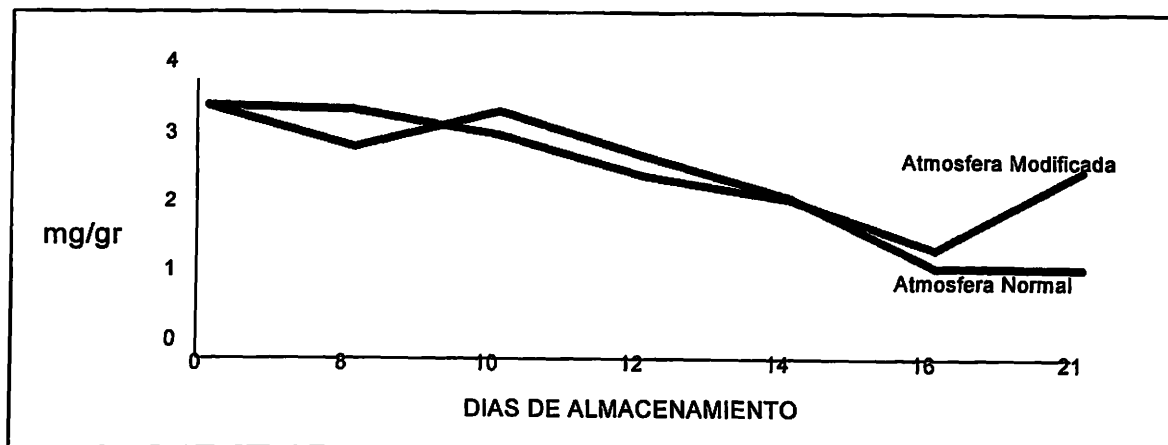


Figura 4.12 Evolución de la Clorofila durante el almacenamiento a 13°C en atmósfera normal y modificada.

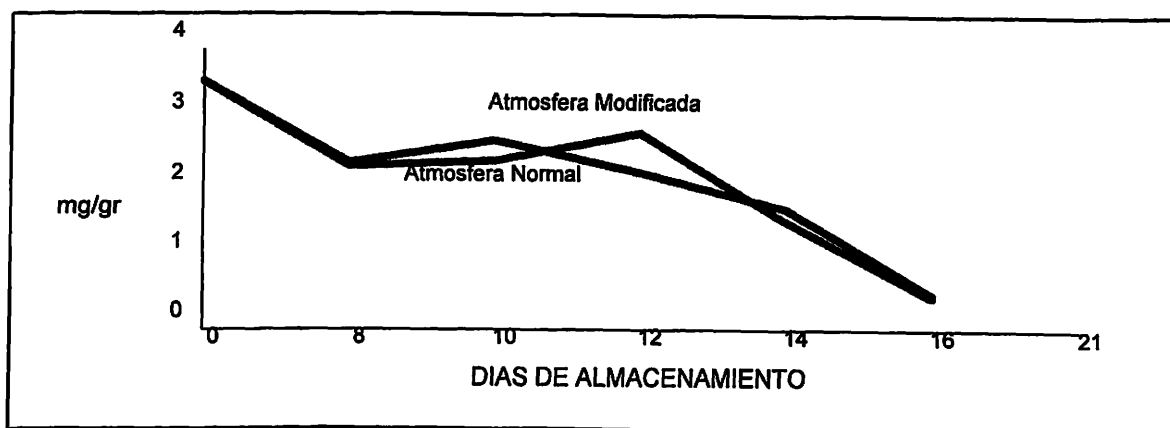


Figura 4.13 Evolución de la Clorofila durante el almacenamiento a 15°C en atmósfera normal y modificada

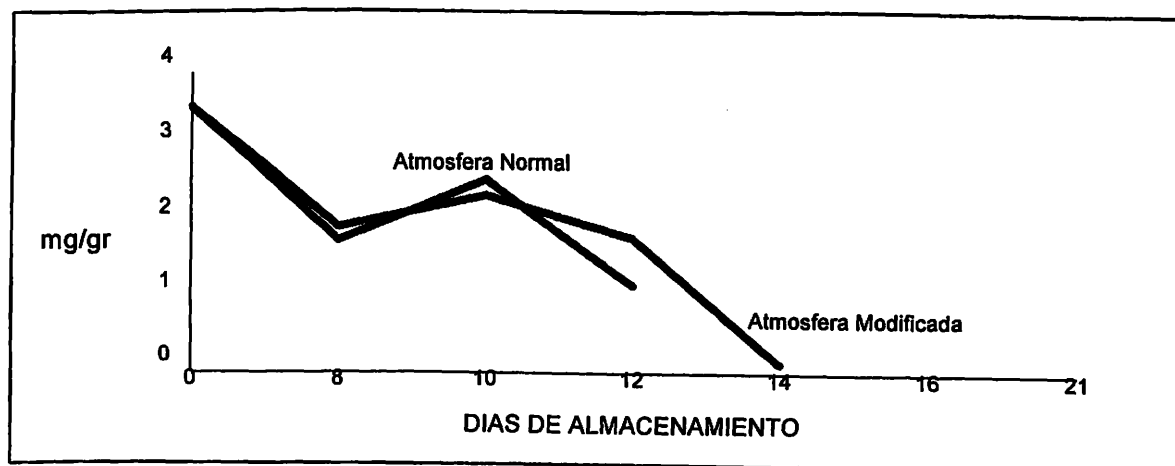


Figura 4.14 Evolución de la Clorofila durante el almacenamiento a ambiente (21°C) en atmósfera normal y modificada

Si establecemos una relación, entre el contenido de clorofila y la aparición de coloración roja en el pericarpio, los resultados indican que existe una relación inversa. Dicho comportamiento puede ser explicado en cuanto a los procesos de síntesis y degradación, tomando en cuenta que la clorofila solo se genera por el proceso fotosintético y disminuye abruptamente al momento de la recolección del fruto; al mismo tiempo que se empiezan a sintetizar compuestos como xantofilas y licopersicina, además de la manifestación de algunos otros como las antocianinas y betalainas que también son responsables de pigmentación y que muchas veces se encuentran enmascarados por el contenido clorofílico.

Los datos encontrados en esta investigación, al indicar que no existe efecto de la atmósfera utilizada sobre el contenido de clorofila, difieren de reportes de la literatura citada; entre ellos se comenta, que si consideramos que al modificar la atmósfera, se afectan, los procesos endógenos del fruto, es de esperarse que también se tenga una reducción en la síntesis de pigmentos; de hecho Namesny (1993), reporta que uno de los beneficios que se obtiene con la modificación de la atmósfera, en específico con la disminución en la disponibilidad de oxígeno, es el mantenimiento del color motivado por la degradación más lenta de la clorofila.

Por otra parte Hardenburg, *et. al.* (1988), determina que la baja concentración de O₂ (3 a 5 por ciento) en la atmósfera retarda la maduración y la respiración durante el

transporte y almacenamiento, de igual manera las altas concentraciones de CO₂ retrasan la pérdida del color verde, pero causan la decoloración del cáliz.

Estas diferencias se pueden explicar en relación a los resultados del análisis estadístico, el cual no considera significativas las diferencias entre los tratamientos de atmósferas, por los valores tan altos que presentan los tratamientos de temperatura.

Incidencia de Enfermedades.

En general las enfermedades que se presentaron fueron: *Botrytis* y *Xantomonas*, cuya incidencia fue mayor en los tratamientos de AM y a temperaturas altas 13°C, 15°C, y ambiente.

La razón de este comportamiento, responde a que condiciones de temperatura de 15°C y ambiente (21°C), además de humedad relativa alta que provee la modificación de la atmósfera, proporciona el medio que el hongo y/o bacteria requieren para su desarrollo.

Botrytis. Este hongo afectó solamente el pedúnculo y receptáculo del fruto. En AM, su infestación fue más severa con una incidencia de 31.25 y 69.37 por ciento, para 15°C y temperatura ambiente. Los tratamientos menos dañados fueron 5°C, 10°C y 13°C, (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3 Incidencia de *Botrytis* durante el almacenamiento.

TEMPERATURA	ATMÓSFERA	
	NORMAL	MODIFICADA
5°C	0.00 a	1.38 a
10°C	1.38 b	5.55 b
13°C	0.00 a	2.77 ab
15°C	0.00 a	20.83 c
AMBIENTE	3.12 c	47.91 d
CV	11.17	11.17

Su presencia en el pedúnculo y receptáculo se justifica en virtud, que se trata de un parásito obligado, que requiere de una herida o lesión la cual permita su penetración, dicha herida la encuentra en el punto de abscisión que se le produce al fruto al desprenderlo de la planta, y al colocarlo en condiciones de alta humedad y temperatura más próxima a su rango óptimo de desarrollo (20 a 24°C), empieza a desarrollarse; primero con la presencia de micelio y después con el cuerpo esporífero que representa el principal síntoma de daño.

Por otra parte se reporta que la modificación de la atmósfera afecta el desarrollo de *Botrytis*; por ejemplo en trabajos realizados en fresa, manteniendo niveles altos de CO₂, a 5°C, se inhibió el desarrollo de *Botrytis* (Aragón, 1992).

El tiempo de aparición, también fue variable, siendo la temperatura ambiente en AM, donde se presentaron primero los síntomas (Figura 4.15).

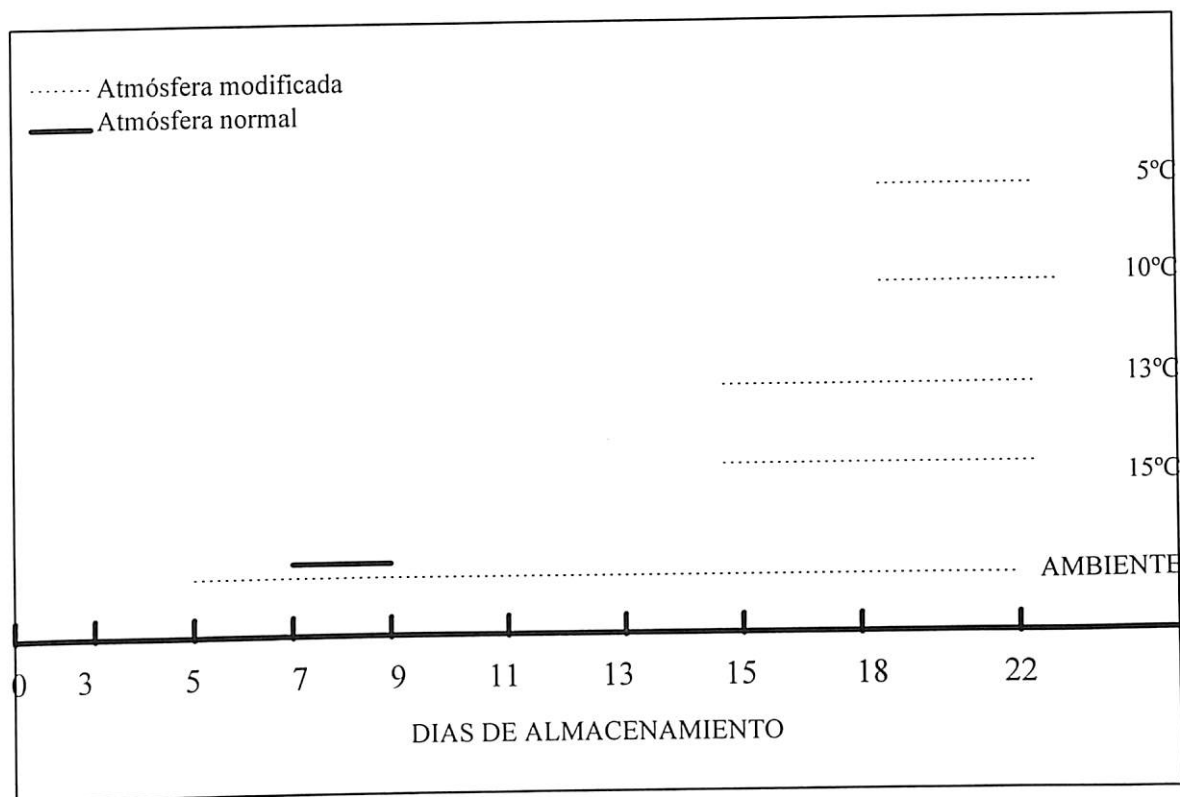


Figura 4.15. Aparición de los síntomas de *Botrytis*, durante el almacenamiento.

Xantomonas. Esta bacteria se manifestó, como una pudrición acuosa café, de olor desagradable, afectando el pericarpio del fruto. Aunque su incidencia fue menor que *Botrytis* su severidad fue más notoria. En los tratamientos de AM a temperaturas de 13°C, 15°C y ambiente, su incidencia fue alta, así mismo para el tratamiento de AN a temperatura ambiente. (Cuadro 4.4).

No considerada como una enfermedad de almacén o frutos, si no más bien para otro tipo de hortalizas en campo. La bacteria una vez presente en el fruto, al encontrarse en condiciones de alta humedad relativas y temperaturas cercanas a su rango óptimo de desarrollo (24°C a 29°C), puede iniciar su desarrollo e infestación.

Cuadro 4.4 Incidencia de *Xanthomonas* durante el almacenamiento.

TEMPERATURA	ATMÓSFERA	
	NORMAL	MODIFICADA
5°C	0.00 a	1.38 b
10°C	0.00 a	0.00 a
13°C	0.00 a	1.38 b
15°C	0.00 a	4.16 c
AMBIENTE	3.12 b	6.25 d
CV	82.18	82.18

Daño por Frío.

El daño por frío se manifestó como áreas hundidas con síntomas de deshidratación, “arrugamiento” muy avanzada de un color verde opaco que después se tornó café. Para esta variable no se realizó análisis de varianza, dado que sólo se presentó en la temperatura de 5°C. La incidencia de daño fue muy similar en ambas atmósferas, sin embargo la severidad fue mayor en condiciones de AN respecto a AM.

Acidez

Con el propósito de conocer el efecto del almacenamiento, en refrigeración y atmósfera modificada, sobre las propiedades organolépticas del fruto, se evaluó el contenido de ácidos, en el caso del chile proporcionado básicamente por el ácido ascórbico, el cual muestra diferencias significativas, para el caso de temperaturas de

refrigeración, pero no para el uso de atmósferas, siendo mayor el contenido de ácidos a temperatura altas, por ejemplo en temperatura ambiente (21°C) en atmósfera normal.

La tendencia indica que se presenta un ligero incremento, siendo mayor en el caso de temperatura ambiente (Figuras 4.16, 4.17, 4.18, 4.19 y 4.20). Lo cual propone que la diferencia puede estar relacionada a la concentración de ácidos a raíz de la deshidratación rápida del fruto como es el caso de temperatura ambiente y atmósfera normal. Sin embargo tomando en cuenta que en la medida que una hortaliza es recolectada, la vida prosigue, produciéndose en ella cambios que alteran su composición. Centrando la atención en las sustancias nutricionales importantes que dependen de las hortalizas, se trata principalmente de vitaminas, de ellas la vitamina C o ácido ascórbico es la más importante y decrece luego de la cosecha (Namesny, 1993).

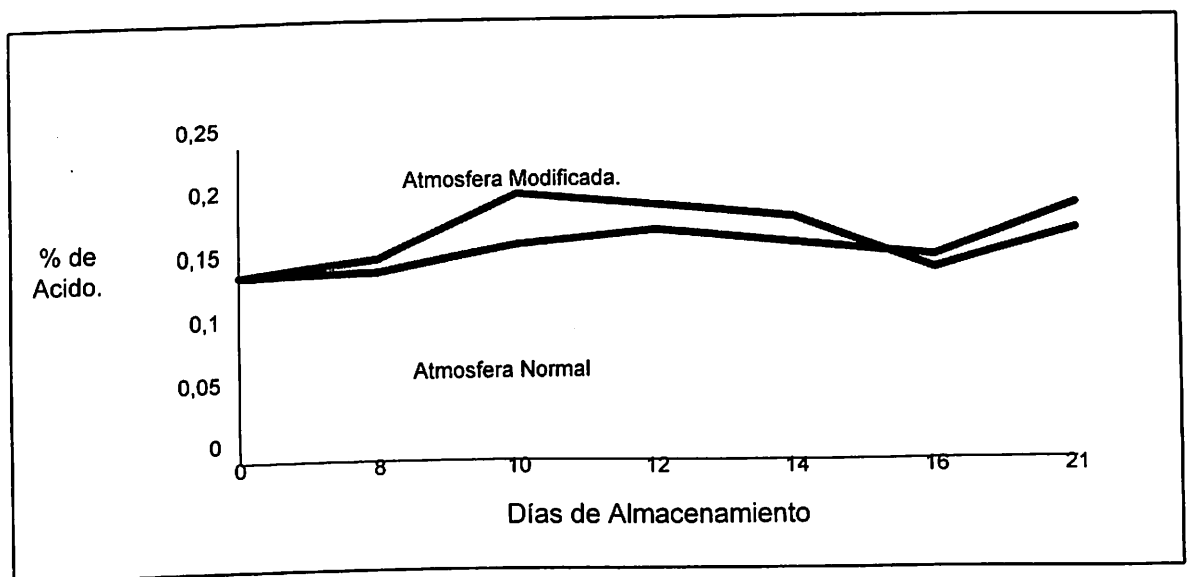


Figura 4.16 Evolución de la Acidez Durante el Almacenamiento a 5°C en Atmósferas Normal y Modificada

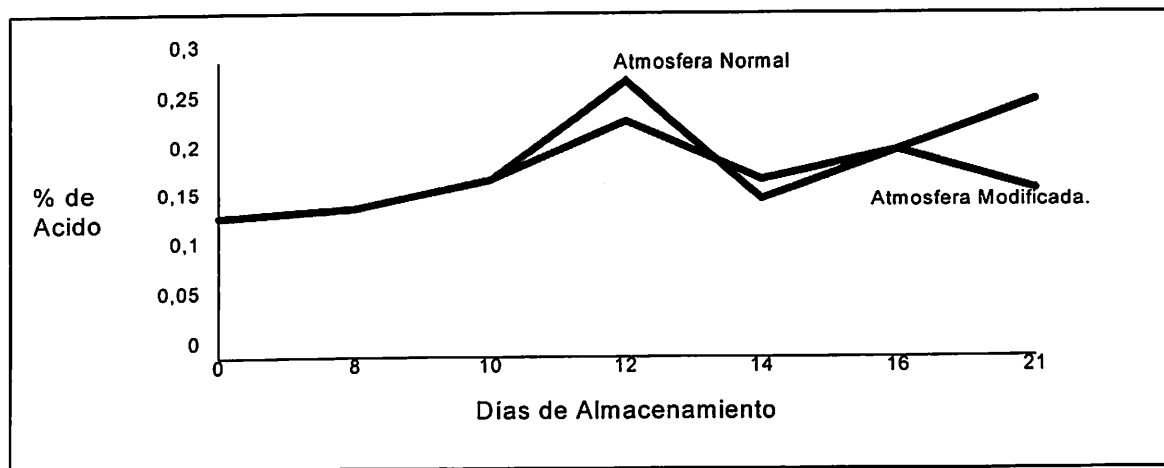


Figura 4.17 Evolución de la Acidez Durante el Almacenamiento a 10°C en Atmósferas Normal y Modificada

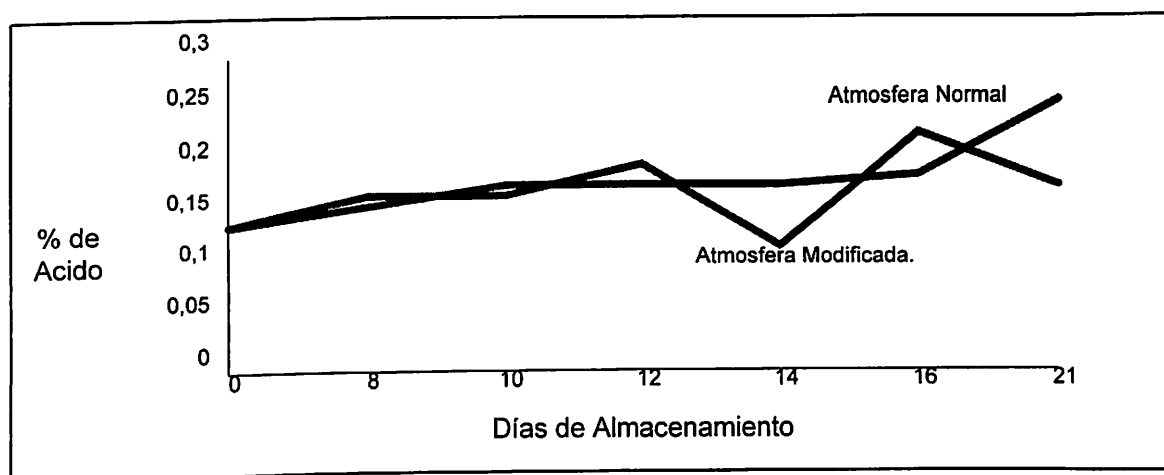


Figura 4.18 Evolución de la Acidez Durante el Almacenamiento a 13°C en Atmósferas Normal y Modificada

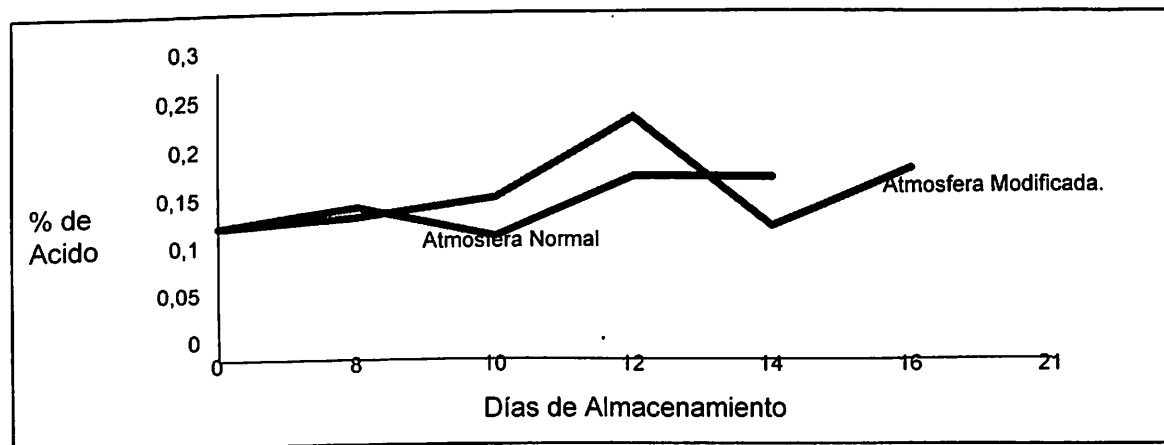


Figura 4.19 Evolución de la Acidez Durante el Almacenamiento a 15°C en Atmósferas Normal y Modificada

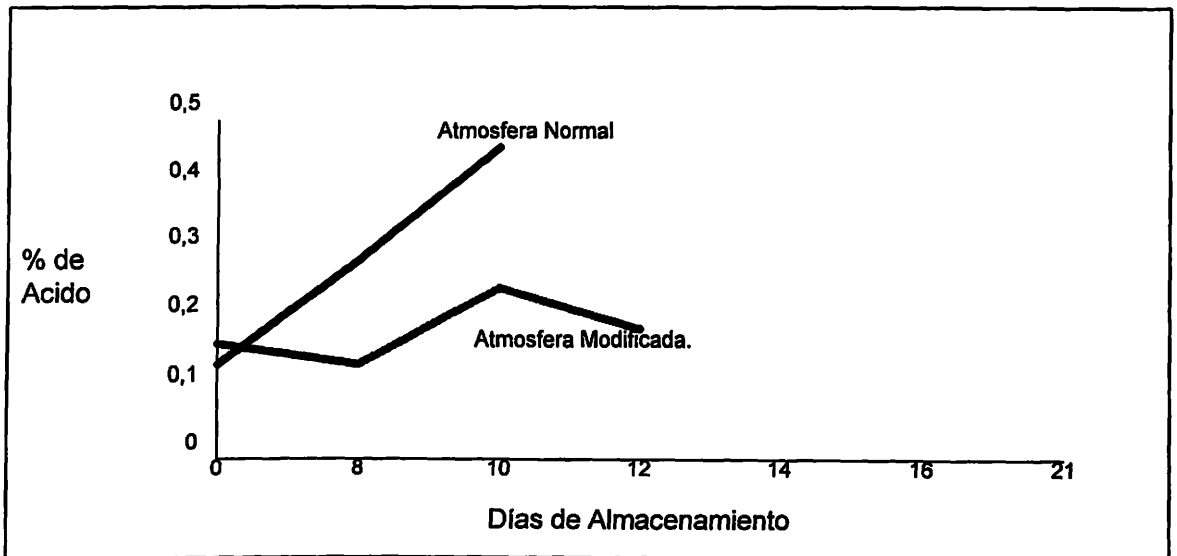


Figura 4.20 Evolución de la Acidez Durante el Almacenamiento a temperatura ambiente (21°C) en Atmósferas Normal y Modificada

CONCLUSIONES

Las temperaturas de 5°C, 10°C y 13°C, fueron los tratamientos de refrigeración que presentaron las menores pérdidas de peso o agua, sin embargo a 5°C, se encontró daño por frío, y a 13°C se observó mayor grado de coloración, por la degradación más rápida de la clorofila. Además a temperatura de 10°C, la incidencia de enfermedades fue baja y el contenido de ácidos totales permaneció más estable. Por lo tanto la temperatura de refrigeración más adecuada para el almacenamiento en este trabajo fue de 10°C.

El uso de atmósfera modificada, reduce la pérdida de peso en un 78.05 por ciento respecto a la atmósfera normal, pero también favorece el desarrollo de enfermedades, como *Botrytis*, por lo cual se sugiere que su uso debe ser un complemento de la refrigeración y además debe de estar supeditado a un buen control de enfermedades tanto en campo, como en almacén.

El período más prolongado de almacenamiento, sin detrimento de la calidad, se obtuvo en el tratamiento de 10°C en atmósfera modificada, con una duración de 21 días, con un incremento de 410 por ciento, comparado con cinco días del tratamiento ambiente y atmósfera normal.

RESUMEN

Con el objeto de conservar la calidad de chile ancho fresco por más tiempo mediante almacenamiento postcosecha. Se realizó este estudio en el laboratorio de postcosecha de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro durante el período agosto-octubre de 1996. Para lo cual se colectaron frutos de chile ancho verde de un lote comercial, seleccionando los mejores frutos en cuanto a calidad. Después fueron lavados con agua y cloro a 50 ppm y puestos en los tratamientos de atmósferas normal, modificada y temperaturas de 5°C, 10°C, 13°, 15°C y ambiente. Los resultados mostraron que la pérdida de peso fue mayor a altas temperaturas y atmósfera normal. El cambio de color se presentó en altas temperaturas independientemente de la atmósfera usada, e inverso al contenido de clorofila. La incidencia de enfermedades fue mayor a altas temperaturas y en atmósfera modificada. El daño por frío se manifestó sólo a 5°C en ambas atmósferas, el contenido de ácidos totales permaneció igual. Por lo cual se concluye que la temperatura más adecuada para almacenamiento es 10°C y se puede observar que en interacción con la atmósfera modificada se puede prolongar el almacenamiento hasta 21 días, sin que se afecte la calidad del fruto.

LITERATURA CITADA

- Agrios N. George. 1989. Fitopatología Vegetal. Editorial Limusa. México.
- Aragón S., N. 1992. Problemas Fitopatológicos durante Postcosecha y su control. En: Yahia, E.M. (Ed.). Fisiología y Tecnología Postcosecha en Productos Hortícolas. Editorial Limusa. México.
- Arias, C. 1995. Industria Hortofrutícola en América Latina. II Congreso Internacional de Tecnología Postcosecha, Querétaro '95. México.
- Bartsch J.A. 1996. Sistemas de Ventilación y Refrigeración. Productores de Hortalizas. Año 3. No 3. México. pp 14 .
- Cantwell, M. 1989. Postharvest handling of Bell Pepper: Progress Report. Dept. Veg. Crops, UC. Davis. U.S.A
- Cantwell M. 1990. Postharvest Handling of Bell Peppers: November, Progress Report. Dept. Vegetable Crops, U.C. Davis. U.S.A
- Cantwell, M. A. Rosenthal, J.A. Mercado C. and M. Reid. 1991. Storage of Bell Peppers at Chilling and Nonchilling Temperatures: Intermittent Warming. November Progress Report, Expt. 1. University of California, Davis. U.S.A.
- Colinas L., M.T. 1992. Desórdenes Fisiológicos de Productos Hortícolas. En: Yahia, E.M. (Ed.). Fisiología y Tecnología Postcosecha en Productos Hortícolas. Editorial Limusa, México.
- Corrales G.J. 1993. Repercusiones del Clima y de las Labores Culturales, en la Calidad de los Cultivos Tropicales. Simposio de Manejo Postcosecha de Frutas y Hortalizas de Cultivos Tropicales. Veracruz. México. pp15-26.
- Duarte, U.M.A. 1992. Factores de precosecha que afectan la fisiología y manejo de postcosecha de frutas y hortalizas. En: Yahia, E.M. (De.). Fisiología y Tecnología Postcosecha en Productos Hortícolas. Editorial Limusa, México.

- Gorini, F. 1985. La Salvaguardia della Qualità Dopo Raccolta. Frutticoltura No. 7 Italia. pp 7-12.
- Hardenburg, E.R., A.E. Watada y Ch. Y. Wang. 1988. Almacenamiento Comercial de Frutas, Legumbres y Existencias de Floristerías y Viveros. Traducción Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica.
- Kader, A. A. 1985. Quality factors: Definition and evaluation for fresh horticultural crops. In postharvest technology of horticultural crops. Special published. Coop. Ext Univ. of California 3311 pp 118-121.
- Kader, A.A. 1992a. Necesidades actuales y futuras de investigación en biología y tecnología postcosecha de frutas y hortalizas. En: Yahia, E.M. (Ed.). Fisiología y Tecnología Postcosecha en Productos Hortícolas. Editorial Limusa, México.
- Kader, A.A. 1992b. Indices de Madurez, Factores de Calidad, Normalización e Inspección de Productos Hortícolas. En: Yahia, E.M. (Ed.). Fisiología y Tecnología Postcosecha en Productos Hortícolas. Editorial Limusa, México.
- Kader, A.A. 1992c. Postharvest Technology of Horticultural Crops. Cooperative Extension. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources Publication 3311. USA. Pp 296.
- Klassen Parry. 1994. La fresca Conduce a las Ganancias. Productores de Hortalizas. Año 3. No. 3. México. pp14 .
- Liu, W.F. 1992. Sistemas de Almacenamiento para Productos Hortícolas. En: Yahia, E.M. (Ed.). Fisiología y Tecnología Postcosecha en Productos Hortícolas. Editorial Limusa, México.
- Lyons, J.M. and R.W. Breiderbach 1987. Chilling injury. In Postharvest Physiology of Vegetables. J. Wichman. MD Inc. NY. U.S.A. pp 325-326.
- Mc Cue S. 1993. Haga Valer sus Prácticas de Manejo Postcosecha. Productores de Hortalizas. Año 2. No. 10. México pp 8-9.
- Mercado, S.E. 1995. La Industria Hortofrutícola en México. II Congreso Internacional de Tecnología Postcosecha, Querétaro '95. México
- Mitchell F.G., Guillou R, and Parsons R.A. 1972. Commercial Cooling of Fruit and Vegetables. Manual 43. California University. U.S.A.

- Orozco W. and M. Cantwell 1993. Storage of Bell Peppers at Chilling and Nonchilling Temperatures. Progress Report Mann Laboratory, Dept. Vegetable Crops, University of California, Davis, CA.
- Namesny V. A. 1993. Post-Recolección de Hortalizas. Productores de Hortalizas y Banco Bilbao Vizcaya. Vol. 1. España.
- Perez Díaz J.C. 1995. Cloración de Hortalizas durante el Empaque. Revista Productores de Hortalizas. Año 4. No. 5. México.
- Productores de Hortalizas 1993. Enfriamiento Postcosecha. Revista Mensual. Año 2. No 11. México. pp 10-11.
- Productores de Hortalizas 1995. Como Reconocer y Controlar Daños de Quemaduras por Frío. Revista Mensual. Año 4. No 8. México. pp 36-37.
- Productores de Hortalizas 1996. Cuidados Postcosecha. Revista Mensual. Año 5. No 1 México. pp 8-9.
- Qualiotti L. 1970. Effect of Soil Moisture on Capsicin Contents of Capsicum Fruits. Proc. 18th. International Horticultural Congress (Abst) 1, 142.
- Salveit Jr. And L.L. Morris 1990. Overview of chilling injury of horticultural crops.. CRC Press Boca Raton, Florida. U.S.A.
- Santiago José de 1996. Programación de la Siembra de Chiles Verdes. Productores de Hortalizas. Año 5. No. 6. México. Pp 8-9
- Sea Land 1988. Shipping Guide for Perishables. Service Inc. New Jersey. U.S.A.
- Siller C., J.H. 1995. Irradiación de alimentos. Revista Horticultura Mexicana. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A.C. Vol. 3, No. 1. México.
- Thompson, F.J., M.S. Reid, and A.A. Kader. 1995. New Horizons in Production and Handling Technology. Perishables Handling Newsletter Issue No. 84. UC Davis, CA:
- Unión Nacional de Productores de Hortalizas (UNPH) 1979. Normas Norteamericanas de Calidad para el Chile Dulce. 2ª Edición. Editado por Subgerencia Técnico-Comercial. México.
- Unión Nacional de Productores de Hortalizas (UNPH) 1987. Descripción del Proceso de Empacado, Maquinaria que se emplea en Tomate, Pepino y Chile Bell de Exportación. Boletín Bimestral. Año 14. México.

- Valadez, L.A: 1993. Producción de Hortalizas. 3ª Reimpresión. Editorial Limusa, S.A. México.
- Wang C. Y. 1995. Como Reconocer y Controlar Daño por Frío. Productores de Hortalizas. Año 4. No. 8. México. Pp 36-38.
- Weaver, J.R. 1989. Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. 6ª Reimpresión. Editorial Trillas, México.
- Yahia, E.M. e I. Higuera C. 1992. Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas. Editorial Limusa, México.
- Yahia, E.M. 1995. Postharvest handling of horticultural crops in Mexico. In: Postharvest Physiology, Pathology and Technologies for Horticultural Crops

APENDICE

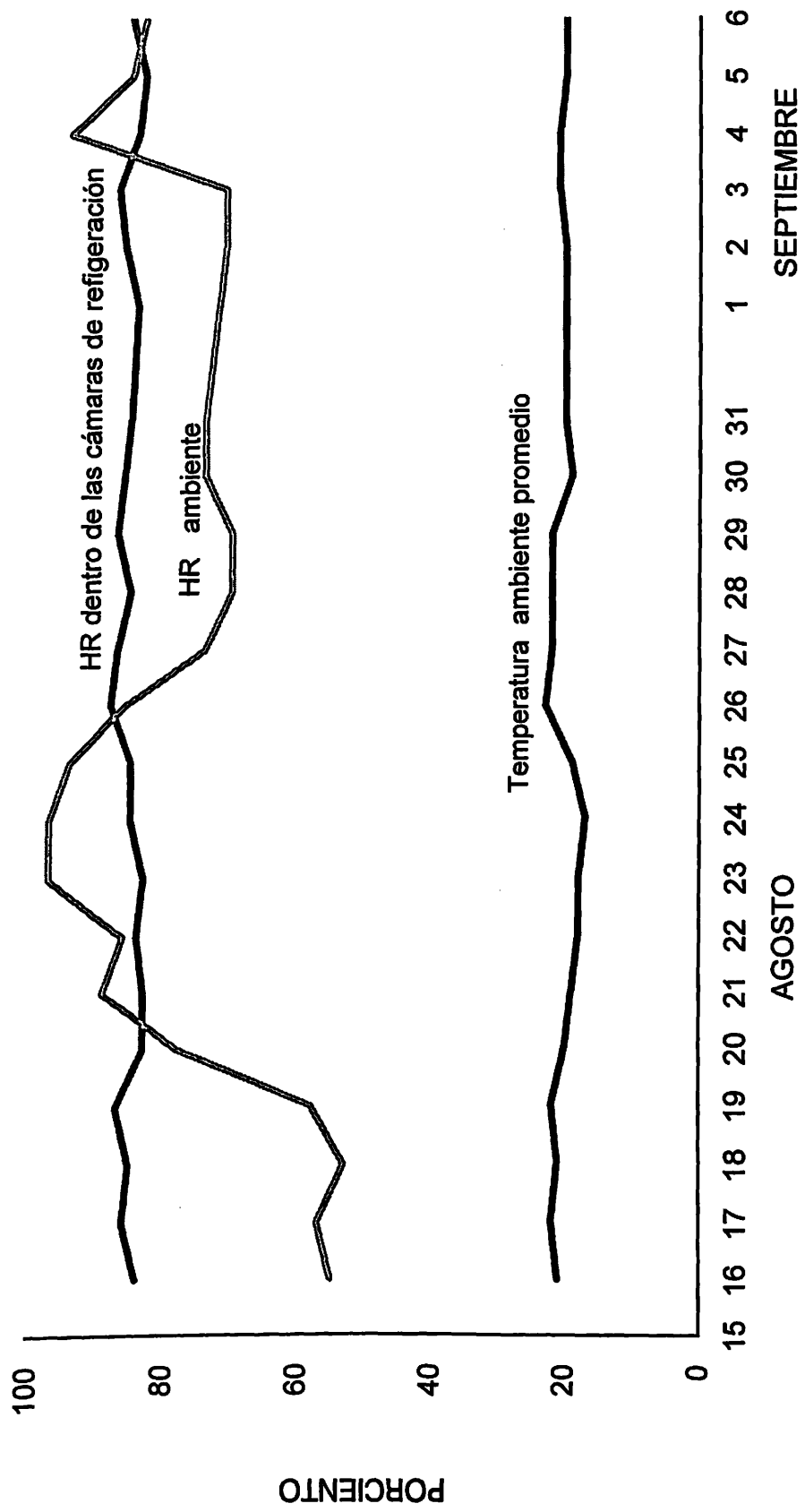


Figura A1. Temperatura y humedad relativa ambiente y humedad relativa dentro de las cámaras de refrigeración

A.2. Método de refractometría para determinar Clorofila.

Procedimiento

- Obtener una muestra de pericarpio de 1.0 grs (Parte ecuatorial del fruto).
- Picar la muestra con una navaja o bisturí (lo más pequeño posible).
- Colocar muestra picada en un mortero de porcelana.
- Adicionar 5 ml, de acetona al 80 por ciento en agua (vol/vol).
- Macerar durante 5 minutos.
- Filtrar con gasa de algodón.
- Colocar el filtrado en tubos de centrífuga
- Centrifugar el filtrado a 1500 rpm., durante 5 minutos.
- Aforar el centrifugado a 10 ml, con acetona al 80%.
- Colocar una muestra del centrifugado en los tubos del refractómetro.
- Calibrar el refractómetro a cero absorbancia, colocando en un tubo acetona al 80 por ciento.
- Colocar la muestra y medir absorbancia a 645, 663y 700 nanómetros (nm).
- Los cálculos se realizan mediante la siguiente ecuación.

$$8.02 [663 - (1.13 * 700)] + 20.2 [645 - (1.18 * 700)] = \text{Clorofila/ml.}$$

Donde.

645 = Dato de la lectura de absorbancia a 645.

663 = Dato de la lectura de absorbancia a 663.

700 = Dato de la lectura de absorbancia a 700.

A3. Método de colorimetría para determinación de acidez.

Procedimiento.

- Se pesan 30 gramos (grs). de pericarpio del fruto (la muestra se obtiene de la parte ecuatorial del fruto).
- Homogeneizar con 50 mililitros (ml) de agua destilada, (mediante una licuadora).
- Filtrar el homogeneizado con gasa de algodón o lana de vidrio.
- Medir el volumen total del filtrado.
- Tomar 10 ml del filtrado, y adicionar tres gotas de fenoftaleina al 1 por ciento (p/vol) en etanol al 50 por ciento (vol/vol) en agua (como indicador).
- Titular con una solución de hidróxido de sodio 0.1 Normal (NaOH 0.1 N) hasta que aparezca una coloración rosada; se registra el volumen requerido.
- Los cálculos se realizan de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\frac{T * V * N * \text{meqA.} * 100}{M * P} = \text{por ciento de ácido.}$$

Donde:

T = ml. de NaOH gastados en la titulación.

V = Volumen total de la mezcla.

N = Normalidad de la solución de NaOH.

M = Alicuota de la muestra.

P = Peso de la muestra.

MeqA = Miliequivalentes del ácido en mayor concentración del fruto.

100 = Para expresar en por ciento.