

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C.

**TECNOLOGÍAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL MELÓN
CANTALOUPE: APLICACIÓN DEL 1-METILCICLOPROPENO Y
EL USO DE CERA COMESTIBLE.**

POR:

MILDRED QUINTERO IBARRA

**DIRECCIÓN DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
DE ORIGEN VEGETAL**

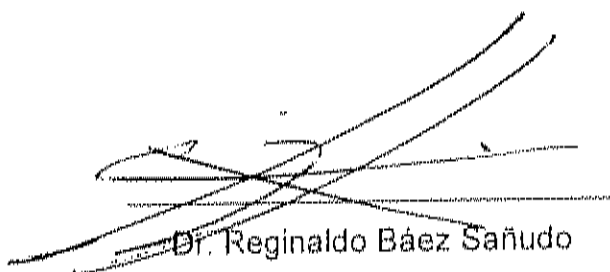
**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS**

HERMOSILLO, SONORA.

JUNIO DEL 2003

APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para revisar la tesis de Mildred Quintero Ibarra, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Nutrición y Alimentos.

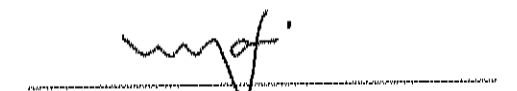


Dr. Reginaldo Báez Sañudo


Director de Tesis



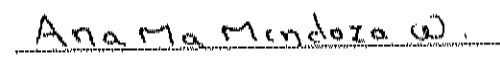
Dra. Alma Rosa Islas Rubio



Dra. María Auxiliadora Islas Osuna



M.C. Rosalba Troncoso Rojas

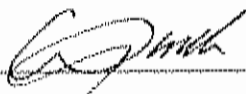


M.C. Ana María Mendoza Wilson

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé el crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del director del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD).

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director o directora de la tesis.



Dr. Alfonso A. Gardea Béjar
Director General

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser la luz que ilumina mi vida, por ser el soporte diario en mis alegrías y tristezas, por la realización de un sueño más y sobre todo por la maravillosa familia que me otorgó.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. por todo el apoyo recibido durante mi estancia en su programa de Maestría en Ciencias. Igualmente al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su aportación económica para la realización de mis estudios de posgrado.

Al Dr. Reginaldo Báez Sañudo, por la asesoría y las facilidades brindadas para la realización de este trabajo. Por el tiempo invertido, la libertad de opinión y los conocimientos adquiridos durante la realización del mismo.

A los integrantes de mi comité de tesis: Dra. Alma Rosa Islas Rubio quien fue la primera persona que me abrió las puertas del CIAD, Dra. María Auxiliadora Islas Osuna, M.C. Ana María Mendoza Wilson y M.C. Rosalba Troncoso Rojas por la asesoría proporcionada durante todas las etapas de este trabajo.

Al M.C. Jesús Manuel García Robles por su amistad, apoyo y paciencia otorgada durante mi estancia.

Un agradecimiento profundo a la Q.B. Elsa Bringas Taddei y al Q. B. Francisco Vázquez, por su valiosa e incondicional ayuda en el laboratorio, gracias por la enseñanza y el cariño que me dieron.

A todo el personal del Departamento de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal, especialmente a Mónica Villegas, María del Carmen Granados y Francisco Vazquez Lara por su disposición de ayuda incondicional. A todos gracias por su tiempo y dedicación.

A mis amigas y mamás adoptivas: Daysi Petit y Amparo Meza, gracias por su amistad y cariño, además por hacer mis estudios más placenteros. A mis amigos: Jorge Celis, Edmundo Cervantes y Francisco Rivas por la compañía y el apoyo recibido. A Karla Chavez y Karla Jara por su amistad durante todo este tiempo y a todos mis compañeros de maestría mil gracias.

A todo el personal del CIAD, especialmente a la Dra. Ana María Calderón de la Barca, Juan Pedro Camou Arriola, Héctor Galindo Murrieta, Martín Tiznado, Dr. Gustavo González y al M.C. Humberto González. A todos gracias por sus atenciones.

Gracias a todos y cada una de las personas que intervinieron en mi vida para llegar hasta este escalón. Que Dios los bendiga hoy y siempre.

DEDICATORIA

A mi padre José L. Quintero, por todo su amor, tiempo y dedicación, por ir de la mano apoyándome siempre en todos mis sueños. Papá este sueño es para ti. Que Dios te bendiga siempre.

A mi hermano Patricio Quintero por ser incondicional en todas mis decisiones, gracias por estar ahí.

A toda mi familia gracias por todo el apoyo que me han brindado en especial a los Lara: Noé, Malena, Sarahí y Noelí, quienes me recibieron como "agregado cultural" durante todo este tiempo, los quiero mucho.

A mis siempre amigas Gloria Morales y Lizeth Bojórquez por estar siempre a mi lado en las buenas y en las malas.

A mis compañeros de maestría en especial a Deysi Petit, Amparo Meza, Jorge Celis, Edmundo Cervantes y Francisco Rivas.

A Isaac Alberto Villarreal, por todo su amor, cariño y comprensión durante tanto tiempo, eres el mejor, te amo.

A los que ya no están: mi papanino Vicente Ibarra y mi madre Ofelia Ibarra que me dejaron lecciones de vida. Aunque no están físicamente siempre estarán en mi corazón, Dios los bendiga donde quiera que están.

*“El sacrificio de nuestro trabajo
es la sal de nuestra sociedad”
Madre Teresa de Calcuta*

CONTENIDO

	Pag.
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Particulares.....	3
ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	4
Generalidades del Melón Cantaloupe.....	4
Importancia Económica.....	4
Morfología y Taxonomía.....	5
Composición Química.....	5
Índice de Cosecha.....	8
Grados Comerciales.....	8
Índices de Calidad.....	9
Fisiología del Melón Durante Postcosecha.....	9
Respiración.....	9
Producción de Etileno.....	10
Crecimiento, Maduración y Senescencia.....	10
Cambios Físicoquímicos Durante Crecimiento y Maduración.....	11
Cambios en Textura.....	11
Cambios en Sabor y Aroma.....	12
Control de la Maduración.....	13
Temperatura.....	13
Atmósferas modificadas (AM) y controladas (AC).....	13

Humedad relativa.....	14
Etileno.....	14
Biosíntesis del Etileno.....	14
Aceleración de la Maduración.....	15
Retraso de la Maduración.....	15
Absorbedores de etileno.....	17
Inhibición de ACC.....	17
Inhibición de EFE.....	18
Bloqueo de Receptores.....	18
2-5, Norbornadieno.....	18
Trans-ciclocteno.....	19
1-Metilciclopropeno (1-MCP).....	19
Antecedentes del uso del 1-MCP.....	19
Ceras Comestibles.....	21
Composición de las Ceras Comestibles.....	23
Beneficios del Uso de Ceras Comestibles en Frutos.....	24
MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
Material.....	26
Tratamientos.....	26
Métodos.....	28
Determinaciones Fisiológicas.....	28
Tasa de Respiración y Producción de Etileno.....	28
Producción de Volátiles.....	29
Determinaciones Físicas.....	30
Color Interno.....	30
Firmeza.....	30
Pérdida de Peso.....	30
Determinaciones Químicas.....	31
Acidez Titulable.....	31

Sólidos Solubles Totales.....	31
Contenido de Azúcares.....	32
Análisis de Calidad.....	32
Porcentaje de Pudrición y Marchitamiento.....	32
Diseño de Experimentos y Análisis Estadístico.....	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
Determinaciones Fisiológicas.....	34
Tasa de Respiración y Producción de Etileno.....	34
Producción de Volátiles.....	41
Determinaciones Físicas.....	47
Color Interno.....	47
Firmeza.....	50
Pérdida de Peso.....	52
Determinaciones Químicas.....	57
Acidez Titulable.....	57
Sólidos Solubles Totales.....	58
Contenido de Azúcares.....	62
Análisis de Calidad.....	65
Porcentaje de Pudrición y Marchitamiento.....	65
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES.....	70
BIBLIOGRAFÍA.....	71

ÍNDICE DE CUADROS

		Pag.
Cuadro 1	Composición proximal del melón cantaloupe.....	6
Cuadro 2	Contenido de vitaminas del melón cantaloupe.....	7
Cuadro 3	Comparación de los tratamientos por medio de contrastes ortogonales.....	33
Cuadro 4	Cambios de hue y croma en melón cantaloupe almacenados a 20°C.....	48
Cuadro 5	Cambios de hue y croma en melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C	49
Cuadro 6	Cambios de pH, Acidez Titulable y Sólidos Solubles Totales en melón cantaloupe almacenados a 20°C	59
Cuadro 7	Cambios de pH, Acidez Titulable y Sólidos Solubles Totales en melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C	60
Cuadro 8	Cambios de fructosa, glucosa y sacarosa en melón cantaloupe almacenados a 20°C	63
Cuadro 9	Cambios de fructosa, glucosa y sacarosa en melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C.....	64
Cuadro 10	Porcentaje de pudrición y marchitamiento en melón cantaloupe almacenados a 20°C.....	66
Cuadro 11	Porcentaje de pudrición y marchitamiento en melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C.....	67

INDICE DE FIGURAS

		Pag.
Figura 1	Ruta de biosíntesis del etileno.....	16
Figura 2	Inhibición de receptores del etileno.....	20
Figura 3	Tipos de interacciones con el receptor del etileno.....	22
Figura 4	Diagrama de flujo del experimento.....	27
Figura 5	Tasa respiratoria de frutos de melón cantaloupe almacenados a 20°C	35
Figura 6	Tasa respiratoria de frutos de melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C.....	36
Figura 7	Producción de etileno en frutos de melón cantaloupe almacenados a 20°C	38
Figura 8	Producción de etileno en frutos de melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C.....	40
Figura 9	Producción de acetaldehído en frutos de melón cantaloupe almacenados a 20°C	42
Figura 10	Producción de acetaldehído en frutos de melón almacenados 2°C por 20 días y trasladados a 20°C.....	43
Figura 11	Producción de etanol en frutos de melón cantaloupe almacenados a 20°C.....	44
Figura 12	Producción de etanol en frutos de melón cantaloupe almacenados 2°C por 20 días y trasladados a 20°C	46
Figura 13	Pérdida de firmeza en frutos de melón cantaloupe almacenados a 20°C.....	51
Figura 14	Pérdida de firmeza en frutos de melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C	52
Figura 15	Pérdida de peso en frutos de melón cantaloupe almacenados	

	a 20°C	54
Figura 16	Pérdida de peso en frutos de melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C.....	55

RESUMEN

El principal problema durante la comercialización del melón 'cantaloupe' es la deshidratación de los frutos y su sensibilidad a la presencia del etileno. Por tal motivo, es necesario de nuevas tecnologías que nos ayuden a mantener la calidad postcosecha utilizando nuevas herramientas como el uso de ceras comestibles y la aplicación del gas 1-metilciclopropeno, las cuales han reportado resultados satisfactorios en la vida de anaquel de los frutos tratados. En este estudio se evaluó el uso de ceras comestibles y la aplicación del 1-metilciclopropeno solos o en combinación para mantener la calidad postcosecha en frutos de melón cantaloupe. Se cosecharon frutos cv 'Primo' con % de desprendimiento de la guía y se expusieron a los siguientes tratamientos: 1-MCP 300 ppb durante el enfriamiento de los frutos a 2°C; 1-MCP 300 ppb en fruta fría a 2°C; encerado (película de ácidos grasos + carbohidratos + alcohol) a 20°C; 1-MCP 300 ppb + cera a 20°C y un testigo sin tratamiento. El tiempo de aplicación del 1-MCP fue de 12 horas y la cera se aplicó por frotación. Un subote de frutos tratados se almacenó a 20°C (condiciones de mercadeo) y otro a 20°C (condiciones de almacenamiento) por 20 días y se trasladaron a 20°C. Durante el almacenamiento se determinó diariamente la tasa respiratoria, la producción de etileno y la producción de volátiles. También se determinó cada tercer día el color, la firmeza, la pérdida del peso, el pH, la acidez titulable, los sólidos solubles totales, la cantidad de azúcares y análisis de calidad en donde se midió visualmente el porcentaje de pudrición y marchitamiento. En este estudio se encontró que con el uso de ceras comestibles se redujo la tasa respiratoria y la producción de etileno, además disminuyó la pérdida de firmeza y peso, características que prolongan la vida de anaquel del melón. Por otro lado, la aplicación del 1-MCP favoreció la biosíntesis de los azúcares, además de favorecer el pH, AT y SST, también se mantuvo una buena apariencia en los frutos tratados con 1-MCP. Los tratamientos aplicados no modificaron el color del fruto durante toda la etapa de almacenamiento.

tratamientos aplicados no modificaron el color del fruto durante toda la etapa de almacenamiento,

INTRODUCCIÓN

El melón (*Cucumis melo*), representa un producto hortofrutícola de gran interés comercial en Sonora ocupando el cuarto lugar entre las hortalizas cultivadas (Román y Gutiérrez, 1998). Su característico sabor y aroma hace a este fruto muy demandado en mercados de Estados Unidos de Norteamérica y Europa. Hasta marzo del 2003, se cosecharon 23,064 Ha alcanzando una producción de 543,291 Ton (SIAP, 2003) de las cuales el 80% de la producción de este estado es exportado (Román y Gutiérrez, 1998).

El melón pertenece a la familia de las cucurbitáceas y es un fruto climatérico que se caracteriza por ser perecedero al manifestar alta sensibilidad al marchitamiento y desarrollo de pudriciones. Su estructura corchosa en forma de red en la piel provoca una alta pérdida de agua (Báez *et al.*, 2002). La penetración y el desarrollo de microorganismos son otras de las limitantes que disminuyen el tiempo de mercadeo de este fruto (Troncoso *et al.*, 1999).

En variedades de melón que desarrollan piel reticulada (red), la corta vida de anaquel se atribuye a las aperturas de la red. Con esto se favorece la transpiración, el intercambio gaseoso y la infestación por hongos y bacterias (Mendoza *et al.*, 2001). Durante estados tempranos de su desarrollo, el fruto de melón pierde su empaque protector la "cutina", y en su lugar desarrolla un tejido grueso conocido como peridermo. La composición química y estructuración del peridermo difiere grandemente de la cutícula. Esta última posee un bajo porcentaje de ceras, además que facilita la formación y fusión de lenticelas que dan lugar a grandes espacios aireados sin ninguna restricción fisiológica (Roth, 1977; Fahn, 1982). Constituyen así, un blanco fácil de deshidratación,

ablandamiento e infestación por microorganismos, que son los grandes problemas que determinan la calidad del producto.

Para poder acceder a mercados distantes con productos de óptima calidad se requiere la aplicación de tecnologías adecuadas (Román y Gutiérrez, 1998). Tomando como base las características anatómicas del fruto de melón, así como estudios previos donde se han probado diferentes tecnologías en pro de su conservación, se considera viable y novedoso conjuntar en este trabajo dos herramientas tecnológicas: 1) La aplicación de mezclas cerosas en sustitución de la cutícula, como barrera a la transpiración, intercambio gaseoso y penetración de microorganismos (Troncoso *et al.*, 1999; Zambrano *et al.*, 2002). 2) La aplicación de 1-Metilciclopropeno como inhibidor del etileno para retrasar maduración y como consecuencia preservar la firmeza y calidad por mas tiempo (Censi, 1999).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estudiar el comportamiento postcosecha del melón cantaloupe tratado con cera comestible y 1-MCP almacenados a dos temperaturas (2°C y 20°C)

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Determinar los cambios fisiológicos (respiración, producción de etileno y concentración de volátiles) y físico-químicos (color, firmeza, pérdida de peso, pH, acidez titulable, sólidos solubles totales y contenido de azúcares) inducidos por la aplicación de cera comestible y 1-MCP en melón cantaloupe almacenado a dos temperaturas (2°C y 20°C).

2. Determinar si la aplicación de cera y 1-MCP alarga la vida de anaquel del melón cantaloupe.

ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Generalidades del Melón Cantaloupe

El melón cantaloupe (*Cucumis melo*, var. *Reticulatis*, grupo *cantalupensis*), pertenece a la familia de las cucurbitáceas (Suslow *et al.*, 2000) y se caracteriza por estar cubierto con una red muy uniforme de tejido corchoso. Su diámetro ecuatorial es de aproximadamente 7.5 - 18 cm, pesa entre 400 y 1100 gramos y posee una forma redonda-ovalada (Peralta, 2000).

Importancia Económica

Durante los últimos 75 años, el melón mexicano ha mantenido su participación en el mercado internacional por su calidad. Además de la derrama económica que representa en las zonas de cultivo, resultado de la mano de obra requerida para su manejo, empaque y comercialización, es el tercer producto agropecuario en el renglón de la captación de divisas.

Una de las ventajas competitivas adicionales de nuestro país, es que la cosecha se lleva a cabo en la época en la que otros países competidores están fuera del mercado. Esto le ha permitido ser el segundo exportador mundial después de España, y el proveedor más importante de Estados Unidos (Sánchez *et al.*, 1999).

Morfología y Taxonomía

El melón cantaloupe es una planta anual herbácea de porte rastrero o trepador. Su sistema radicular es abundante, muy ramificado y con rápido desarrollo. Las principales características de este fruto son: El tallo principal, el cual está recubierto de formaciones pilosas y presentan nudos en los que se desarrollan hojas, zarcillos y flores. La flor es de color amarilla, puede ser femenina, masculina o hermafrodita. La corteza del fruto es de color verde, amarillo, anaranjado, blanco, etc., su estructura morfológica se caracteriza por estar cubierta con una red muy uniforme de tejido corchoso (Peralta, 2000).

Composición Química

De acuerdo con Aykrod (1951) el melón contiene aproximadamente 0.8% de proteína, 0.2% de grasas, 8.3% de carbohidratos, 32 mg de calcio, 14 mg de fósforo, 1.4 mg de hierro, 16 mg de carotenos y 26 mg de vitamina C por cada 100 mg de peso fresco. La composición proximal y el contenido de vitamina son presentados en los cuadros 1 y 2 respectivamente.

Índice de Cosecha

La maduración total y el desarrollo de todos los atributos del melón son considerados como índice de cosecha y se alcanzan cuando se produce la abscisión del fruto de la planta madre. Es posible realizar la cosecha antes de presentar la abscisión y madurar. Sin embargo, a pesar de presentar un patrón

Cuadro 1. Composición proximal del melón cantaloupe.

Constituyente	(%)
Agua	89.80
Proteína	0.88
Grasa	0.28
Fibra	0.36
Carbohidratos totales	8.36
Minerales	0.71

Fuente: Aykrod, 1951.

Cuadro 2. Contenido de vitaminas del melón cantaloupe

Vitamina	Porción por cada 100 mg
Ácido Ascórbico	26
Tiamina	0.04
Riboflavina	0.02
Ácido nicotínico	0.57
Ácido pantoténico	0.13
Vitamina B ₆	0.12
Carotenos totales	16

Fuente: Aykrod, 1951.

climatérico (Sánchez, 1996), sus atributos de calidad no se alcanzan plenamente.

Los melones tipo cantaloupe se cosechan por madurez y no por tamaño. Idealmente, la madurez comercial de este fruto corresponde a un estado firme-maduro o "3/4 desprendido". Esto significa que el fruto se separa de la planta con un pequeño esfuerzo antes de que presente la abscisión natural. Otro indicador de la madurez es la presencia de una red bien formada y realizada en la superficie de la fruta (Suslow *et al.*, 2000). El momento oportuno de la cosecha generalmente se ha asociado al estado de madurez fisiológica, este es el punto en que la fruta apropiadamente manejada y almacenada, permite disminuir ciertos problemas de perecibilidad del melón (Rodríguez y Manzano, 1998).

Grados Comerciales

Los grados de madurez se agrupan principalmente, en base a cambios en el color de "fondo" (el color general de la piel o cáscara, no sus tintes verdosos o amarillentos) de la fruta. El color de este fruto pasa de verdoso a crema con algunos tintes amarillos. Comercialmente, el grado de madurez para el melón es el que presenta un color de fondo blanco con trazas de tintes verdes y la piel ligeramente cerosa. También debe presentar una punta floral firme que no cede bajo presión manual, además de un aroma ligero (Suslow *et al.*, 2000).

En Estados Unidos, la distinción entre grados de calidad se basa en la apariencia externa y en el contenido de sólidos solubles. Las normas federales especifican un mínimo de 11% de sólidos solubles totales. Respecto a la

clasificación por tamaño se basa en el número de frutas que caben en un envase de 18.2 libras (Suslow *et al.*, 2000).

Índices de Calidad

El contenido de sólidos solubles totales (SST), el dulzor en términos del contenido de azúcares, la firmeza o consistencia de la pulpa, la ausencia de fibras y el color, son determinantes de la calidad del melón. El alto contenido de agua (aproximadamente un 95%) del fruto de melón lo hace altamente perecedero presentando problemas de manipulación y almacenamiento (Rodríguez y Manzano, 1998).

Para mantener los estándares de calidad en el melón, se requiere de frutos bien formados, casi esféricos y de apariencia uniforme. Su cicatriz del pedúnculo debe ser lisa y sin adherencias de tallo que indiquen cosecha prematura. La cáscara no debe presentar cicatrices, quemaduras de sol o defectos de superficie. El fruto debe ser firme, sin semillas sueltas o acumulación de líquido (Suslow *et al.*, 2000).

Fisiología del Melón Durante Postcosecha

Respiración

La respiración tiene como funciones primarias la liberación de energía química almacenada como azúcares, lípidos y otros sustratos, y la formación de esqueletos de carbono. En este proceso, se emplean los sustratos

almacenados en el producto, se consume oxígeno del entorno y se producen dióxido de carbono, agua y calor (Peralta, 2000). A 5 °C, la tasa de respiración de melón cantaloupe varía entre 4-5 mL de CO₂ /Kg-h y a 20 °C la tasa aumenta a 23-33 mL de CO₂ /Kg-h (Suslow *et al.*, 2000).

Producción de Etileno

El etileno es una hormona vegetal que regula muchos aspectos que intervienen en el crecimiento, desarrollo y senescencia de las plantas (Oetiker, 1995), así como la abscisión y germinación de semillas (Feng *et al.*, 2000). De esta hormona depende la vida útil del producto, en especial la de frutos climatéricos como el melón, que es sensible a la producción de etileno. Debido a lo anterior, presenta una sobremaduración durante su distribución y almacenamiento a corto plazo. Suslow *et al.* (2000) reportó las tasas de producción de etileno para este fruto de 40- 80 µL/ Kg-h a 20 °C, sin especificar el cultivar.

Crecimiento, Maduración y Senescencia

La vida de un fruto se puede dividir en tres etapas fisiológicas. El crecimiento que comprende el aumento del número de células y el posterior alargamiento celular, ambas responsables del tamaño final alcanzado por el fruto. En el melón, las redes inician el desarrollo alrededor del fruto. El color de la piel cambia de verde oscuro a verde-grisáceo durante esta etapa y cuando se acerca al estado de madurez su color se torna anaranjado (Musmade y Desai, 1998).

La maduración suele iniciarse antes de que termine la fase de crecimiento e incluye diferentes actividades metabólicas. A la senescencia podemos definirla como una fase en la que los procesos anabólicos (de síntesis) dan paso a los catabólicos (de degradación) conduciendo al envejecimiento y, finalmente, a la muerte del tejido (Willis *et al.*, 1998).

Cambios Físicoquímicos Durante Crecimiento y Maduración

La maduración del fruto es un evento programado genéticamente el cual está caracterizado por un número de procesos bioquímicos y fisiológicos que alteran el color del fruto, sabor, aroma y textura. Uno de los factores más críticos que limitan la calidad del melón es su textura (Simandjuntak *et al.*, 1996; Wang *et al.*, 1996).

Cambios en Textura

Durante la maduración, la pared celular sufre degradación que resulta en ablandamiento, deterioro del tejido y susceptibilidad a patógenos. Estas modificaciones son reguladas en parte por la acción de enzimas que están presentes en la pared celular. Los cambios en textura observados en frutos y vegetales son atribuidos generalmente al metabolismo de polisacáridos, los cuales son constituyentes de la pared celular y la lámina media (Simandjuntak *et al.*, 1996). Los cambios en la composición y solubilidad de los polisacáridos de pared celular (pectinas, hemicelulosas y celulosas) junto con un incremento en maduración, juegan un papel importante en la textura del melón. Las pectinas son los polisacáridos que se encuentran en mayor proporción en pared celular y son degradados durante la maduración, mediante solubilización y

depolimerización. Se han reportado cambios en la estructura celular de frutas con un incremento en los poliuronidos solubles. McCollum y colaboradores (1989) indican en sus resultados la pérdida de galactosa y arabinosa en la pared celular durante maduración. Gross y Sams (1984) concluyen que hay una pérdida de galactosa y arabinosa en pared celular durante la maduración en 14 de 17 frutos diferentes, incluyendo el fruto de melón, mientras que manosa se mantuvo constante, fucosa y xilosa incrementaron y ramnosa disminuyó durante la maduración del melón (Simandjuntak *et al.*, 1996).

Cambios en Sabor y Aroma

El melón se caracteriza por su agradable sabor y aroma, criterios importantes de la calidad de este fruto. En la etapa de maduración, el fruto muestra una disminución en acidez (ácido cítrico) y un incremento en los azúcares debido al transporte de los mismos de las hojas y no de la hidrólisis del almidón (Wang *et al.*, 1996; Graca *et al.*, 2000). El principal carbohidrato del melón es la sacarosa, se reporta que hay mayor concentración de ésta cuando el fruto permanece en la planta (Hubbard y Pharr, 1990; Wang *et al.*, 1996).

El aroma también juega un papel importante en la calidad del fruto, los volátiles son metabolitos secundarios directamente relacionados con la producción de etileno. Estos compuestos son una mezcla de componentes que incluye ésteres, aldehídos, alcoholes y compuestos de azufre (Yahyaoui *et al.*, 2002). El etilbutirato es el volátil que proporciona al fruto de melón su aroma característico (Baldwin *et al.*, 2000).

Control de la Maduración

Temperatura

La temperatura es el método más utilizado para la conservación de frutos por su efecto en la reducción del metabolismo (Cenci *et al.*, 1999). Con temperaturas apropiadas se controla la respiración, pérdida de agua, desarrollo de microorganismos, producción de etileno, susceptibilidad al daño mecánico y efectos relacionados. Para el melón, la temperatura óptima de almacenamiento es de 2.2-5 °C y su vida de almacenamiento es de 21 días aproximadamente, aunque su calidad sensorial puede reducirse (Suslow *et al.*, 2000). Por otro lado, periodos largos de almacenamiento a baja temperatura, pueden ocasionar daño por frío ocurriendo cambios en la estructura de las membranas celulares y en su composición. En 1999, Ben y colaboradores, reportaron que el etileno actúa en conjunto con las bajas temperaturas para inducir cambios en el metabolismo desarrollando daño por frío en el fruto.

Atmósferas modificadas (AM) y controladas (AC). Una atmósfera modificada, óptima para la conservación de productos frescos, implica el uso de concentraciones más bajas de O₂ y más altas de CO₂ que las presentes en el medio ambiente. Lo anterior origina gradientes de concentración del oxígeno que le permiten difundirse a través del empaque que protege al fruto y del CO₂ para moverse hacia fuera por permeación a través de una película utilizada como empaque (Velázquez *et al.*, 1998), como es el caso de las películas plásticas (Wang *et al.*, 1996). Los efectos benéficos de las AM y AC en el melón son el retraso de la maduración, la disminución de la respiración y de la pérdida asociada de azúcares. Además de la inhibición de las pudriciones y de los

mohos de la superficie del fruto. Las condiciones de AC más aceptadas para melón son 3% O₂ y 10% CO₂ a 3°C (Suslow *et al.*, 2000).

Humedad relativa. La humedad relativa alta es esencial para maximizar la calidad poscosecha y prevenir la desecación. En el fruto de melón la humedad relativa requerida es de 90-95%, su ausencia puede acarrear problemas de pérdida de agua a través de las áreas dañadas o maltratadas de la redcilla del fruto. En tiempos prolongados con humedades superiores se pueden estimular el crecimiento de mohos en la superficie o cicatriz del pedúnculo (Suslow *et al.*, 2000).

Etileno

El papel del etileno es muy diferente al de otras hormonas; está involucrado en varios procesos de crecimiento y desarrollo de los vegetales. El etileno se produce en gran cantidad en los tejidos de los frutos al madurar (Rojas, 1993).

Biosíntesis del Etileno

La producción de etileno se regula por varios factores internos y externos tales como heridas, radiaciones y reguladores de crecimiento. Sin embargo, es difícil entender los mecanismos por los cuales las células de las plantas perciben y traducen la señal del etileno (Yang, 1980). La teoría más aceptada de la acción del etileno fue propuesta por Burg y Burg en 1967. Dicha teoría postula que el etileno interactúa con un sitio receptor a través de una proteína

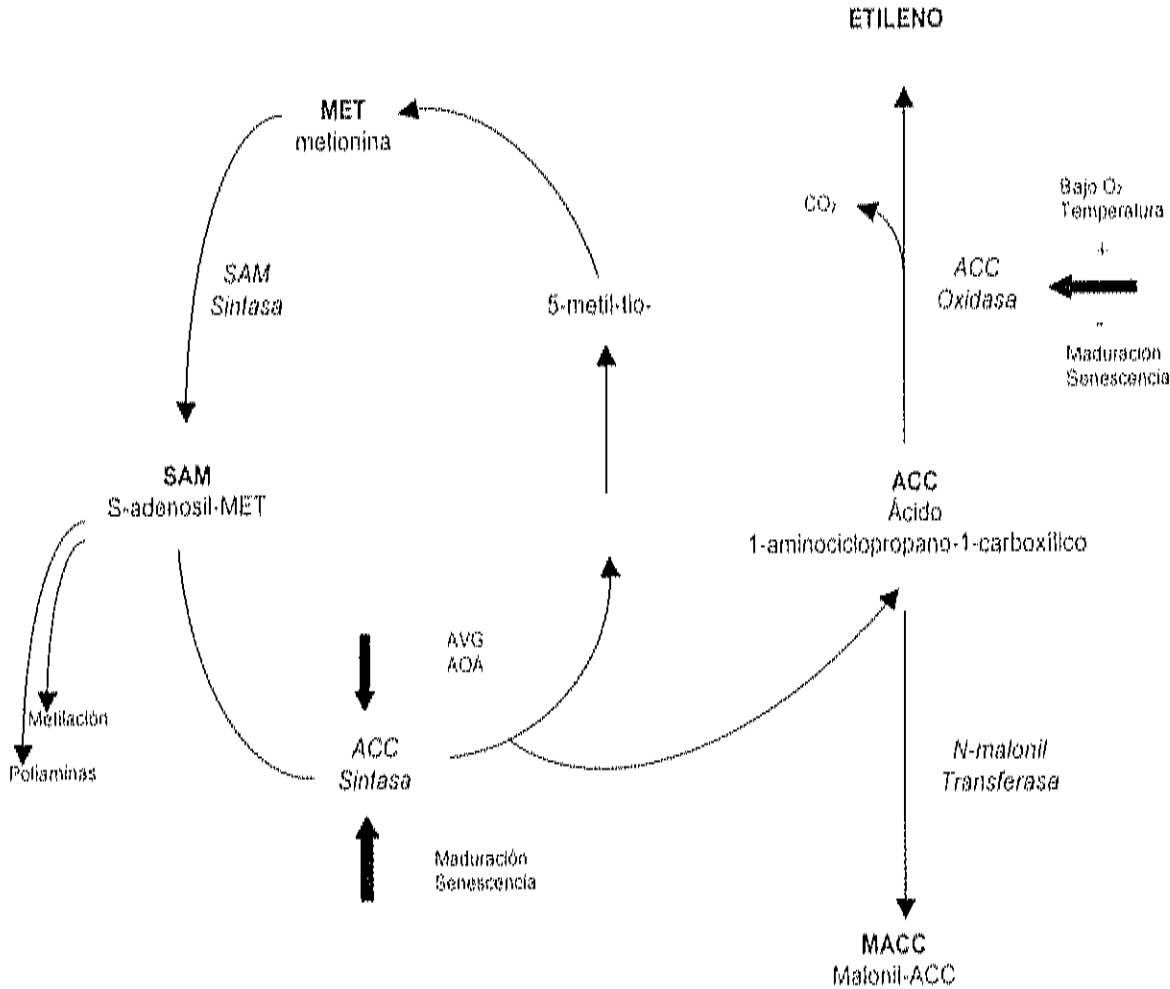
ligadora de metales de transición como cobre o zinc en presencia de oxígeno molecular. Bleecker y Schaller (1996) reportaron que pequeñas moléculas gaseosas como oxígeno pueden ligarse irreversiblemente a proteínas por medio de receptores que tienen un metal de transición como cofactor.

Yang (1980) estableció la ruta metabólica de la biosíntesis del etileno (Figura 1). La primera etapa específica del etileno es la conversión de S-adenosilmetionina (SAM) a metionina. Este aminoácido se transforma para formar el ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) a través de la enzima ACC sintasa (ACS). Esta enzima es dependiente de fosfato de piridoxal y puede ser inhibida por los ácidos aminoetoxi-vinil-glicina (AVG) o amino-oxoacético (AOA). La etapa final de la síntesis la constituye la oxidación de ACC a etileno por la enzima ACC oxidasa (ACO) o también conocida como enzima formadora de etileno (Reid, 1994). En frutos climatéricos, las enzimas ACS y ACO son inducidas durante maduración y contribuyen a la regulación de la biosíntesis del etileno (Oetiker *et al.*, 1995).

Aceleración de la Maduración

La maduración de los frutos, es sin duda, el uso más importante que se le da al etileno como herramienta tecnológica en poscosecha. Utilizado adecuadamente el etileno puede ayudarnos en poscosecha para acelerar y homogenizar la maduración de los frutos climatéricos (Rushing y Dinamarca, 2000). En la mayoría de los frutos, las concentraciones de etileno requeridas para acelerar la maduración varían de 0.1-1.0 ppm, tal es el caso del melón (Reid, 1994).

Figura 1. Ruta de biosíntesis de etileno.



Kader, 2002.

Retraso de la Maduración

Es posible retardar la maduración de los frutos, mediante el uso de una gran variedad de compuestos y condiciones que alteran la ruta normal de biosíntesis de etileno (Hernández, 2003). De acuerdo a Yang (1995) se han establecido 4 alternativas para la manipulación del etileno: 1) Controlar el nivel de etileno en el tejido por adición o remoción de etileno, según sea el caso. 2) Regular el nivel de etileno en el tejido por estimulación o inhibición de su biosíntesis. 3) Modificar las características del enlace con el cual el etileno se une al receptor ó bien, modificar la cantidad del receptor. 4) Manipular la expresión del gen que controla la síntesis y actividad del etileno.

Absorbedores de etileno. Algunos estudios reportan el efecto de los absorbentes de etileno, en especial el KMnO_4 como retardador de maduración comercial (Báez *et al.*, 1994). Este absorbente oxida el etileno transformándolo en CO_2 y H_2O (Reid, 1994). Para ser efectivo debe ser adsorbido en un portador adecuado con una gran área superficial como pueden ser la celita, vermiculita, sílica gel, alúmina granulada, perlita y vidrio expandido (Sherman, 1985). Otros absorbentes utilizados son el carbón activado y el carbón brominado, los cuales purifican el aire absorbiendo el etileno, y son efectivos mientras no se sature el carbón. Sin embargo, tienen como desventaja la pérdida de efectividad cuando el aire que rodea a los frutos no es circulado a través de ellos (Willis *et al.*, 1998).

Inhibición de ACC. La conversión de SAM en ACC esta regulada por la enzima ACC sintasa, su actividad se localiza mayoritariamente en citosol y puede ser inhibida por los ácidos aminoetoxi-vinil-glicina (AVG) o amino-oxoacético

(AOA). Estos inhibidores necesitan fosfato de piridoxal como coenzima (Azcón y Talón, 2000; Yang, 1980). El uso de altas concentraciones de CO₂ (5-10%), es otra forma de inhibir la producción de ACC, sin embargo, la inhibición es efectiva a concentraciones bajas de etileno, pero se pierde cuando la concentración de etileno excede a 1µL/L (Yang, 1980).

Inhibición de EFE. El uso del ión plata (Ag⁺) inhibe la conversión de ACC en etileno, reacción catalizada por una enzima oxidativa; la enzima formadora de etileno (EFE) (Yang, 1980). Su aplicación inhibe el crecimiento, abscisión y cambio de expresión de sexo en flores de cucurbitáceas. La efectividad de este inhibidor depende de la concentración (Cameron y Reid, 1981). La aplicación de este metal aplicado bajo la forma de complejo con el ión tiosulfato (TPS) inhibe y retarda los procesos de senescencia penetrando rápidamente en los tejidos; sin embargo, la plata es un metal pesado y altamente contaminante, por lo que su aplicación ha sido restringida (Cameron y Reid, 2001).

Bloqueo de Receptores

La acción del etileno puede controlarse por medio de olefinas sintéticas: 2,5-NBD, trans-ciclocteno, diazociclopentadieno (DACP) y 1-metilciclopropeno (1-MCP) (Sisler y Serek, 1999). Estos compuestos inhiben procesos de maduración y senescencia, así como otras respuestas inducidas por el etileno.

2,5-Norbornadieno. Este inhibidor bloquea la acción del etileno a bajas concentraciones. Una de sus desventajas es que requiere de exposiciones continuas para ser eficaz, además de que sus características de olor y

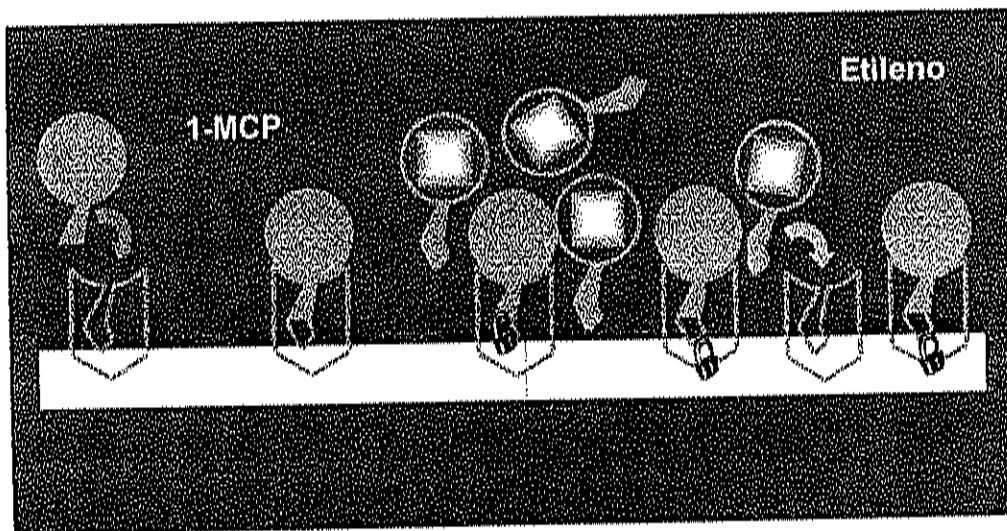
propiedades corrosivas lo hacen inconveniente para fines agrícolas (Sisler y Pian, 1973).

Trans-ciclocteno. Posee las mismas características que el 2-5-Norbornadieno (olor y propiedades corrosivas), sin embargo este inhibidor se puede aplicar en concentraciones más bajas (50-100 veces) (Sisler y Serek, 1999). Su principal limitación es la dificultad en su síntesis y debe ser aplicado continuamente para lograr mejores resultados.

DACP (Diazociclopentadieno). Es un inhibidor que se une al receptor del etileno, pero no es muy efectivo en bloquear su acción debido a que se descompone bajo luz fluorescente. Su uso es limitado debido a la disponibilidad comercial, sus características de uso (explosivo) y conservación (Sisler y Serek, 1999).

1-Metilciclopropeno (1-MCP). Es una olefina cíclica, inodora y no presenta propiedades tóxicas; además de que tiene como ventajas su forma de aplicación. Se ha reportado que el 1-MCP en bajas concentraciones (ppb) se une al receptor del etileno irreversiblemente y que su comportamiento es estable en fase gaseosa durante meses, pero inestable en su fase líquida (Sisler y Serek, 1999). Su uso fue recientemente aprobado en cultivos hortícolas por la US Environmental Protection Agency (EPA) (Nazir *et al.*, 2001). La afinidad del 1-MCP por el receptor del etileno es mayor que la del etileno (Figura 2), por lo que se une con mayor fuerza al receptor bloqueando efectivamente al receptor (Sisler y Serek, 1997).

Figura 2. Inhibición de receptores de etileno

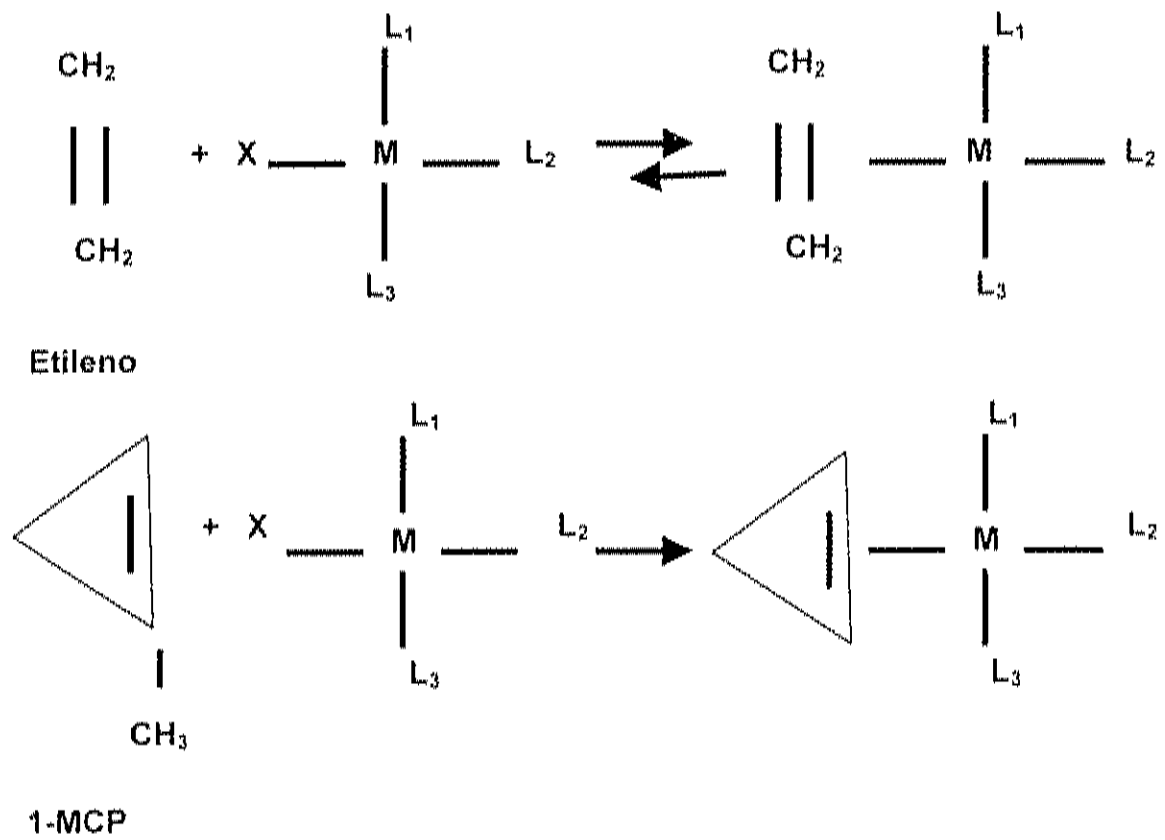


Sisler and Serek, 1999.

Sisler y Serek (1999) reportan la sustitución de los ligandos de la proteína por pequeñas moléculas gaseosas como el 1-MCP, los cuales bloquean la acción del etileno. Se ha propuesto un modelo de sustitución de los ligandos, basados en observaciones experimentales. Los ligandos presentes (L₁-L₃) (Figura 3) no se conocen aún pero es probable que uno o más de ellos se localice en la proteína (Etr1), una proteína que parece ser parte del receptor del etileno (Sisler y Serek , 1997). Estudios recientes han dado a conocer el efecto significativo del 1-MCP al inhibir la acción del etileno, respiración, conversión de almidón a azúcares y aspectos referentes a la ruptura o el ablandamiento de la pared celular (Blankenship, 2001). La eficiencia del uso del 1-MCP depende de varios factores: el tipo de fruto, el estado de madurez, la concentración y forma de aplicación del 1-MCP y el número de exposiciones del producto con el fruto (Blankenship, 2001).

Antecedentes del uso del 1-MCP. Se ha reportado que una sola aplicación del inhibidor puede prevenir el proceso de maduración por un período de almacenamiento largo a temperatura ambiente (Nazir *et al.*, 2001). En frutos de manzanas cv Gala, el 1-MCP se aplicó en una concentración de 0.5 ppb durante 12 h a 20 °C. El almacenamiento de los frutos fue de 3 semanas a 20 °C y a 0 °C por 8 días y después se trasladaron a 20 °C. Como resultados, se obtuvo que los frutos tratados con 1-MCP obtuvieron mayor firmeza y acidez titulable (Fan and Mattheis, 2001).

Figura 3. Tipos de interacciones con el receptor de etileno



Sisler and Serek, 1999.

El 1-MCP fue aplicado en ciruelas y duraznos y se encontró que tuvo potencial para inhibir maduración, extendiendo la vida de anaquel y manteniendo la calidad en los frutos. Sin embargo, se reporta que el cultivar, la madurez y el tiempo de aplicación del inhibidor se deben escoger cuidadosamente, ya que una vez iniciada la síntesis de etileno el proceso de maduración no se puede retrasar (Dong *et al.*, 2002).

Trabajos en piña, donde se aplicó una concentración de 0.1 ppm durante 18 h a 20 °C, se observó un control en el oscurecimiento interno y el daño por frío de los frutos durante 4 semanas a 10 °C. El 1-MCP también permitió la disminución de ácido ascórbico y la síntesis de etileno (Selvarajah *et al.*, 2001). Estudios en frutos de aguacate en donde se evaluaron 2 estructuras análogas al 1-MCP (1-ECP y 1-PCP), se encontró inhibición de maduración y acción del etileno. Estos inhibidores son volátiles, no corrosivos e inodoros, por lo que pueden ser considerados como candidatos para un uso práctico en la agricultura.

Ceras Comestibles

La aplicación de cubiertas cerosas reduce pérdidas por deshidratación de los frutos y mejora su apariencia aumentando el brillo (Abda y Jávega, 1999), (Park, 1999) (Baldwin *et al.*, 1999). Las cubiertas cerosas pueden ser usadas como barreras al intercambio de gases y vapor de agua. Estas ayudan a mantener la calidad de las frutas y los vegetales frescos cuando son transportados de un lugar a otro. Debido a que disminuyen la pérdida de agua y la oxidación de los productos. Con su aplicación, se modifica la atmósfera interna del fruto observándose incrementos en el contenido de CO₂ y reducciones en el contenido de O₂ (Abda y Jávega, 1999).

Composición de las Ceras Comestibles

Proteínas, lípidos y polisacáridos son los principales constituyentes de las cubiertas comestibles. Su presencia y abundancia determina las propiedades del material que lo caracterizan por tener una buena barrera al intercambio de vapor de agua, O₂, CO₂ y transferencia de lípidos en los frutos (Stéphane *et al.*, 1996).

Beneficios del Uso de Ceras Comestibles en Frutos

Recientemente se han utilizado cubiertas comestibles para preservar la vida postcosecha de los frutos. En frutos de mango, Baldwin *et al.* (1999) evaluaron cera de carnauba y 2 películas comestibles constituidas por polisacáridos y cera carnauba. Aumento de brillo, apariencia y reducción de deterioro fueron las respuestas de los frutos con el uso de películas comestibles. Sin embargo, la cera de carnauba disminuyó la pérdida de agua significativamente a diferencia del control y el tratamiento de cera con polisacáridos.

En frutos de mandarina, se aplicó una cera de polietileno (10 a 18% sólidos) y cera comestible (ésteres de glicerina y derivados de dextrina). Los frutos fueron almacenados a 20 °C durante 15 días y a 9 °C durante 55 días. Se observó que el encerado no afectó las características organolépticas a la temperatura de 9 °C (Abda y Jávega, 1999).

Mendoza y colaboradores (2001) evaluaron diferentes tipos de ceras en melón cantaloupe, encontrando que la fisiología y conservación de los frutos

fueron altamente influenciados por mezclas de ácidos grasos. Se presentó mayor intensidad en mezclas de ácidos grasos con alcohol y carboximetilcelulosa. En ese mismo año, Báez y colaboradores evaluaron la aplicación de ceras y tratamientos de agua caliente para la conservación de este mismo cultivo obteniendo mejor calidad (firmeza y sólidos solubles totales) en los tratamientos con cera. La vida de anaquel del melón en ese experimento fue de 20 días a 1 °C + 3 días a 20 °C, y de 9 días a 20 °C.

MATERIALES Y MÉTODOS

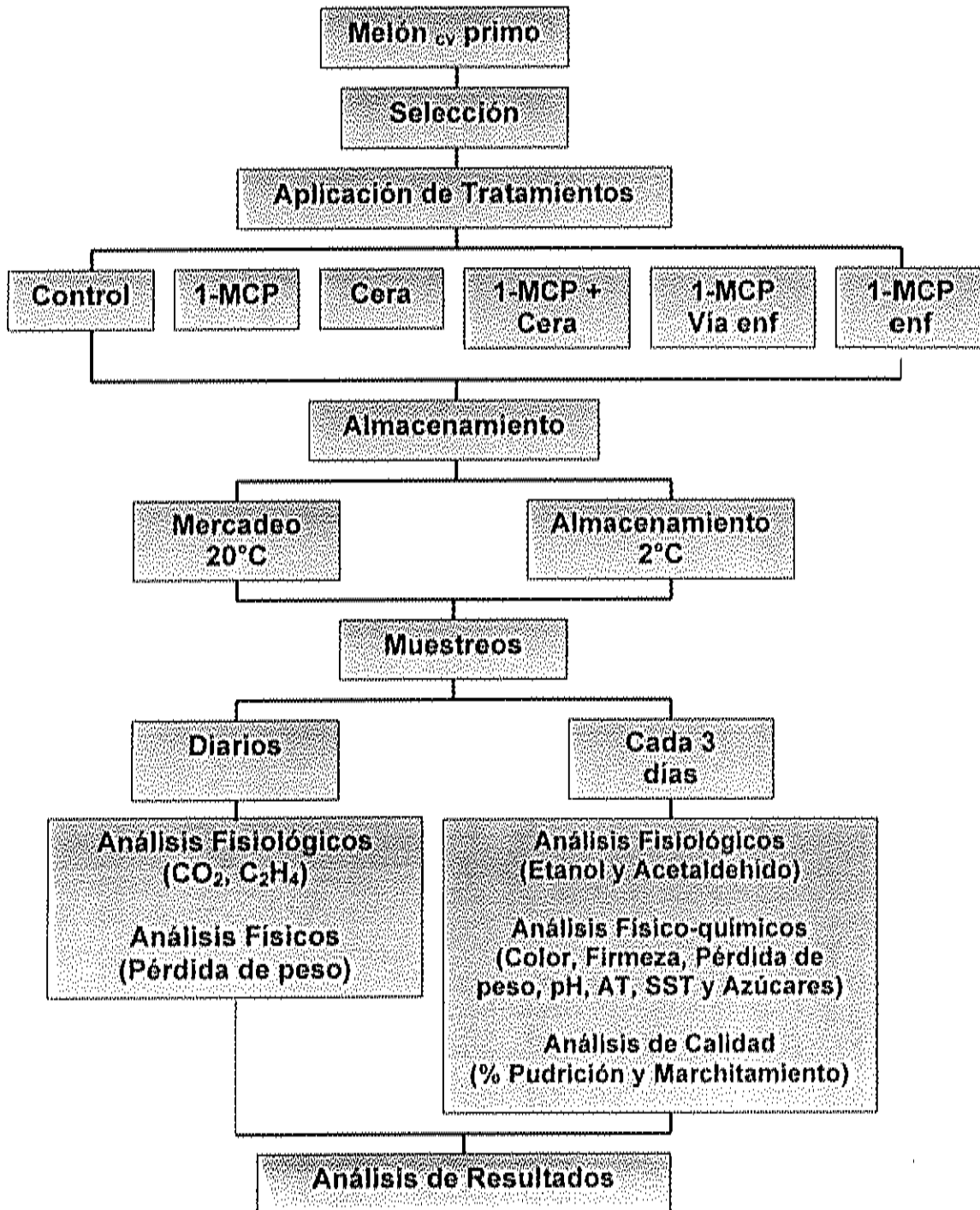
Material

Se utilizaron frutos de melón cantaloupe (*Cucumis melo L.*) de la variedad 'primo' provenientes de un campo en la Costa de Hermosillo. Los frutos se cosecharon en estado de madurez de consumo y tamaño 12. Se trasladaron al Laboratorio de Calidad del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD), unidad Hermosillo, donde se homogenizaron y se seleccionaron los frutos libres de daños visibles. Se utilizó un total de 126 frutos de melón para la aplicación de los tratamientos evaluados.

Tratamientos

Se establecieron seis tratamientos con 21 frutos cada uno; 1-MCP 300 ppb durante el enfriamiento de los frutos a 2°C; 1-MCP 300 ppb en fruta enfriada a 2°C; encerado a 20°C; 1-MCP 300 ppb + cera a 20°C; 1-MCP 300 ppb a 20°C y un testigo sin tratamiento. La mitad de los frutos fueron almacenados en cámaras de refrigeración a 20°C por 14 días (condiciones de mercadeo) y la otra mitad a 2°C (condiciones de almacenamiento) durante 20 días y posteriormente se sometieron a condiciones de mercadeo a 20°C durante 8 días. La aplicación de ceras en los frutos se realizó a temperatura ambiente, utilizando una brocha y se dejó secar para evitar excesos de humedad.

Figura 4. Diagrama de flujo del experimento



La composición de la cera comestible aplicada es: alcohol etílico (0.5%), Carboximetilcelulosa (0.05%), ácidos grasos (5.0%), sorbato de potasio (0.5%), carbohidratos (2.0%), surfactante (0.01%) y antioxidante (0.001%). La aplicación del 1-MCP (Smartfresh) se realizó en cámaras de acero inoxidable, totalmente herméticas y con un volumen de 0.2353 m³, de acuerdo a la recomendación del proveedor (Rohm and Haas, México). La exposición de los frutos al gas fue de 12 horas a las temperaturas de almacenamiento (2°C) y mercadeo (20°C).

Métodos

Determinaciones Fisiológicas

Tasa de Respiración y Producción de Etileno. Se midió la producción de CO₂ y de etileno diariamente utilizando 2 frutos por tratamiento por medio de cromatografía de gases de acuerdo al método del sistema cerrado descrito por Saltveit y Sharaf en (1992). Se utilizó un cromatógrafo modelo Varian Star 3400 equipado con detectores de ionización de flama (FID) y de conductividad térmica (TDC), una columna (Supelco) metálica de 2 m de largo y 1/8" de diámetro interno, empacada con Hayesep N 80/100. Las condiciones del equipo fueron: temperaturas de inyección y columna a 100 y 80 °C, respectivamente; los detectores a 120 °C para el FID y 170 °C para el TCD. Se utilizó nitrógeno como gas acarreador a un flujo de 25 mL/min. Para la cuantificación de los gases, se utilizaron estándares de concentración conocida (CO₂ al 5% y etileno a 10 ppb) y se emplearon las siguientes fórmulas:

$$\text{mLCO}_2/\text{Kg.h} = \frac{(\text{Altura del pico muestra})(\text{Concentración de estándar}/100)(\text{Volumen})}{(\text{Altura del pico estándar})(\text{Peso en Kg})(\text{Tiempo})}$$

$$\mu\text{LC}_2\text{H}_2/\text{Kg.h} = \frac{(\text{Altura del pico de la muestra})(\text{Concentración de estándar})(\text{Volumen})}{(\text{Altura del pico estándar})(\text{Peso en Kg})(\text{Tiempo})}$$

Producción de Volátiles. La producción de etanol y acetaldehído se determinó por triplicado cada tercer día mediante la técnica de Saltveit y Sharaf (1992). Se utilizaron 10g de tejido, los cuales se colocaron en viales de vidrio ámbar con capacidad de 22 mL provistos con una septa de teflón. Se calentaron a 70° C en un baño de agua con temperatura controlada durante 15 min. Posteriormente, se tomó 1 mL del espacio de cabeza con una jeringa hipodérmica y se inyectó a un cromatógrafo de gases Varian Star 3400CX, provisto de una columna Cromosorb 101 80/100 de 2 m de longitud. Las temperaturas usadas fueron de 110 °C para el inyector, 100°C en la columna y 180°C en el detector de ionización de flama. Se utilizó nitrógeno como gas acarreador. Para calcular el área bajo la curva de las muestras, se reintegraron las mismas con el paquete Varian Star 3.1. Posteriormente se corrió una curva estándar que fue de 0.0625µL - 16µL de acetaldehído y de 1.5625µL - 400µL de etanol. Las concentraciones fueron obtenidas en función de las siguientes ecuaciones de regresión lineal con un R =0.99. Los resultados se expresaron en µL de volátil/ g de muestra.

$$\text{Acetaldehído mg}/100\text{mL} = (\text{área bajo la curva} + 74.627) / 1,160,748.8$$

$$\text{Etanol mg}/100\text{mL} = (\text{área bajo la curva} + 5082.35) / 632889.77$$

Determinaciones Físicas

Color Interno. Este parámetro se analizó con un colorímetro Minolta CR-300 mediante el sistema Hunter Lab, midiendo los parámetros L^* , a^* y b^* cada tercer día. Se reportaron los resultados como croma (C) y ángulo de matiz ($^{\circ}$ Hue). El croma se obtiene con la raíz cuadrada de $(a^2 + b^2)$, el cual nos indica el grado de saturación del color abarcando valores de 0 a 60, donde valores más cercanos a éste último indica mayor madurez. El ángulo de matiz se define como $[\text{Arc Tan } (b^*/a^*)]$, el cual nos indica el tono o color verdadero abarcando valores de 0° a 360° , donde 0° corresponde a un color rojo, un ángulo de 90° a un color amarillo, 180° a verde, 270° a un color azul y pasa de negro a rojo en 360° (Minolta, 1994).

Firmeza. La firmeza de la pulpa se midió cada tercer día, como la fuerza necesaria para penetrar la pulpa usando un penetrómetro digital (Chatillon Force, Modelo NC 27409) equipado con un punzón cónico de 10mm de diámetro. Se registraron los datos de los lados opuestos de los frutos, retirando previamente la cáscara. Se utilizaron 2 frutos para esta determinación. Los resultados se expresaron en Newtons (N) (Bourne, 1980).

Pérdida de Peso. La pérdida de peso se midió de manera gravimétrica en una balanza digital OHAUS Voyager (2100 x 0.01g), se registró el peso diario individual de 5 frutos por tratamiento, presentándose los resultados como porcentaje acumulado de pérdida de peso fresco (Díaz Pérez y Araiza, 1997) utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Pérdida de Peso} = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso diario del fruto})}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

Determinaciones Químicas

pH. Se obtuvo directamente al colocar la muestra en el potenciómetro, antes de iniciar la titulación (A.O.A.C., 1998). Se utilizó un Titulador automático marca Mettler modelo DL-67, equipado con un Rodo 60. El extracto utilizado fue el mismo preparado para la determinación de acidez titulable

Acidez Titulable. Se pesaron 10 gramos de muestra de tejido y se homogenizaron en una licuadora comercial con 50 mL de agua destilada a pH neutro. Se filtró el extracto y se tomó una alícuota de 50 mL para medir la acidez titulable en un Titulador automático marca Mettler modelo DL-67, equipado con un Rodo 60. La cuantificación se realizó titulando con NaOH 0.1 N hasta alcanzar un pH de 8.2 la cual nos indica la neutralización ácido-base. Los resultados obtenidos se expresaron como % de ácido cítrico (AOAC, 1998).

$$\% \text{ Acidez Titulable} = \frac{(\text{mL NaOH gastados}) (N_{\text{NaOH}})(\text{meq Ac. Cítrico})}{\text{mL jugo titulado}} \times 100$$

Sólidos Solubles Totales. El contenido de sólidos solubles totales expresados en °Bx se determinaron en un refractómetro ATAGO, Palette-Japón PR-101 (0-45%) (AOAC, 1998). El extracto utilizado fue el mismo preparado para la determinación de acidez titulable.

Determinación de Azúcares. La determinación de azúcares (fructosa, glucosa y sacarosa) se realizó por triplicado cada tercer día, mediante el método descrito por López et al. (1986). Se utilizaron 10g de muestra, los cuales se homogenizaron con 50 mL de agua destilada y se llevo a ebullición durante 15 min. Se filtró en tela organza y se centrifugó a una temperatura de 25° C durante 15 min a 7,000 rpm en una centrifuga eppendorf, modelo 5415c. El flotante obtenido fue filtrado en un papel tipo GV de 0.22 µm. Se tomaron 10 µL del extracto y se inyectaron en un equipo de HPLC Varian 9012. Se utilizó una columna Bondapak NH₂ 300mm x 3.9mm (longitud y diámetro interno), con una velocidad de flujo de 1.0 mL/min., fase móvil de acetonitrilo: agua (80:20 v/v) y un tiempo de corrida de 15 min. La detección se realizó con un detector de índice de refracción marca Varian ProStar modelo 350RI. Para determinar la concentración de cada azúcar, se integro el área bajo la curva y se compararon con las áreas de los estándares conocidos.

Análisis de Calidad

Porcentaje de Pudrición y Marchitamiento. La cuantificación del los porcentajes de pudrición y marchitamiento se realizaron cada tercer día a los melones utilizados para el porcentaje de pérdida de peso. Se siguió el avance de la maduración del fruto haciendo un recuento del total de manchas, hongos, raspaduras y pudriciones en el peridermo.

Diseño de Experimentos y Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño de bloques al azar, analizándose los datos obtenidos en el programa estadístico Number Cruncher Statistical Systems (NCSS)

mediante análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0.05. Se realizaron comparaciones de medias mediante el método de contrastes ortogonales. Para los resultados de % de pudrición y marchitamiento se utilizó una escala visual.

Las comparaciones que se realizaron fueron las siguientes:

Cuadro 3. Comparación de los tratamientos por medio de contrastes ortogonales.

Contraste	Control	1-MCP	Cera	1-MCP+ cera	1-MCP vía enf	1-MCP enf
1	-5	1	1	1	1	1
2	0	1	0	-3	1	1
3	0	1	-3	0	1	1
4	0	-2	0	0	1	1
5	0	0	0	0	-1	1

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinaciones Fisiológicas

Tasa de Respiración y Producción de Etileno

La producción de CO₂ de los frutos dependió del tratamiento aplicado. Sin embargo, los frutos presentaron un comportamiento típico de un fruto climatérico con incrementos en la producción de CO₂. En la tasa respiratoria en melones almacenados a 20 °C, se observó una velocidad máxima de 72.97 mL CO₂/Kg-h al segundo día en el tratamiento con 1-MCP durante el enfriamiento. Se encontraron diferencias entre tratamientos en los contrastes 1(control vs los demás tratamientos) y 3 (cera vs tratamientos con 1-MCP sin cera) (p<0.05) desde el segundo día de almacenamiento, en donde la aplicación de cera tuvo mayor control en la tasa respiratoria (Figura 5) con una máxima producción de 42.38 mL CO₂/Kg-h al cuarto día. Cabe mencionar que estos valores son mayores a los reportados por Suslow *et al.* (2001) los cuales reportan valores de 23-33 mL CO₂/Kg-h a 20 °C dependiendo del cultivar.

En los frutos almacenados a 2°C por 20 días y transferidos a 20 °C, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en los contrastes 1(control vs los demás tratamientos) y 3 (cera vs tratamientos con 1-MCP sin cera) (p<0.05) hasta el segundo día. Se presentó un máximo en la velocidad de respiración de 61.13 mL CO₂/Kg-h en el primer día, siendo el tratamiento control el de mayor producción. El tratamiento con cera presentó mayor control en la tasa respiratoria con valores menores de 17.39 mL CO₂/Kg-h (Figura 6).

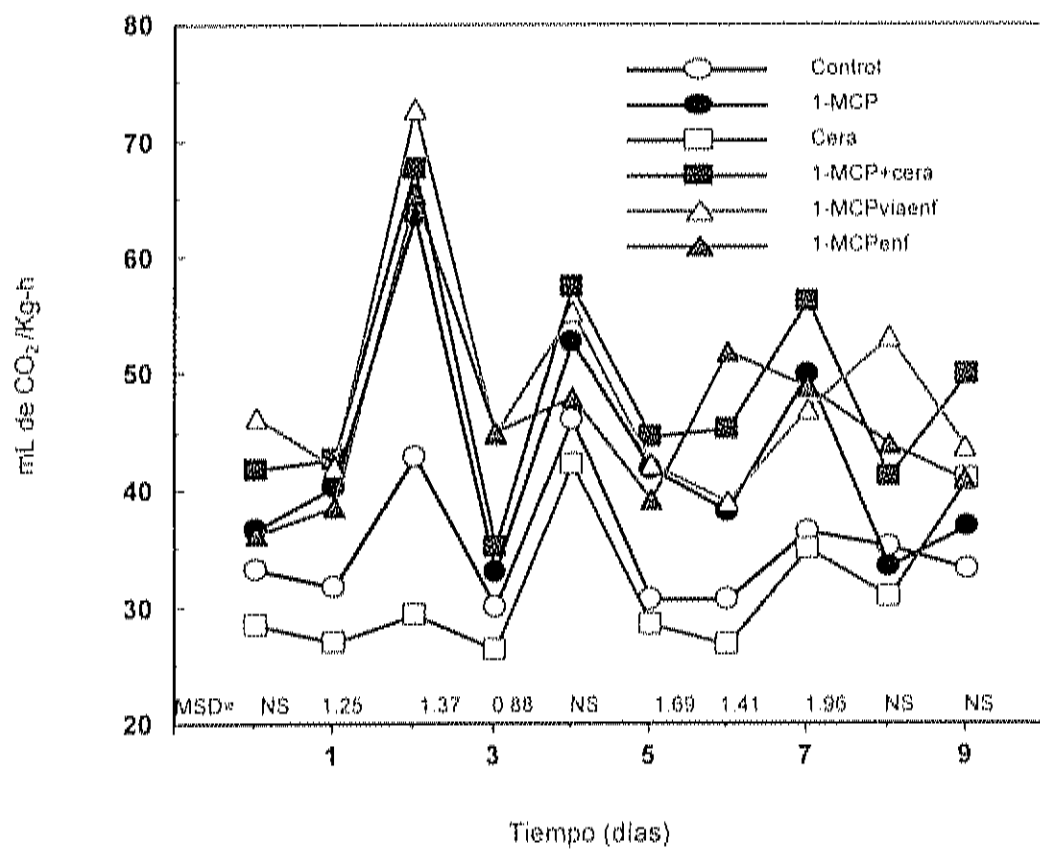


Figura 5. Tasa respiratoria de frutos de melón cantaloupe almacenados a 20°C. (NS. No significativo. MSD. Diferencia mínima significativa ($p < 0.05$)).

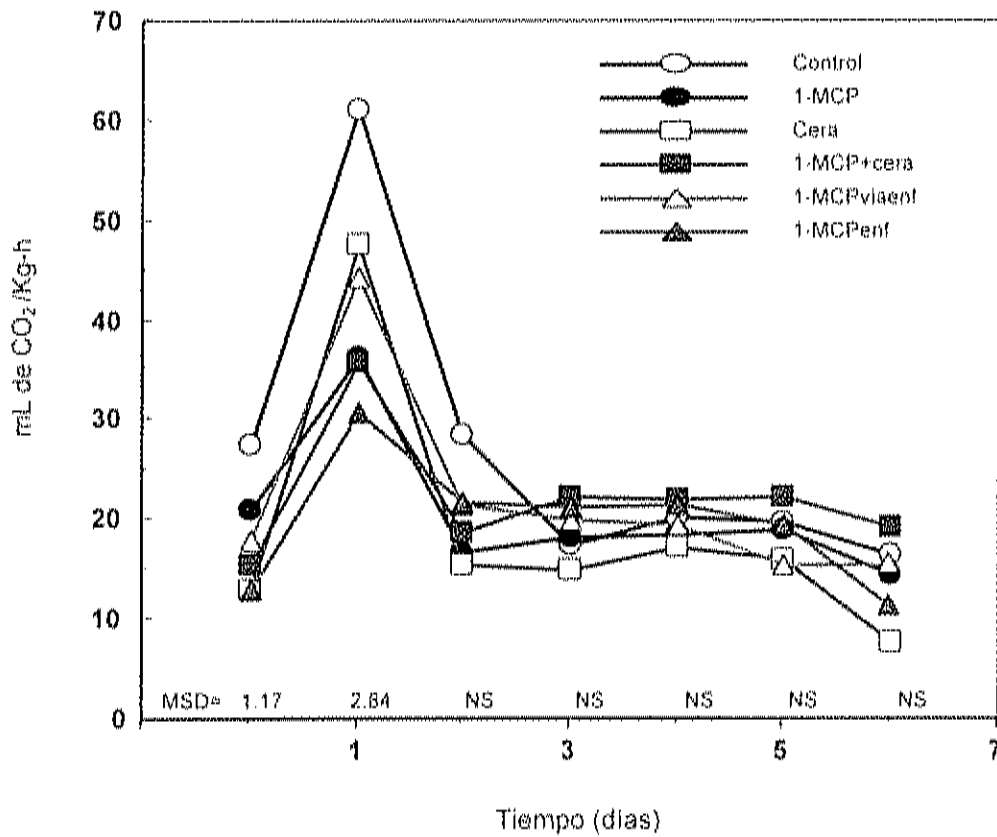


Figura 6. Tasa respiratoria de frutos de melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C. (NS. No significativo, MSD. Diferencia mínima significativa ($p < 0.05$)).

El efecto inhibitorio de la tasa de respiración presentada por los tratamientos de cera, se puede explicar por los cambios en la atmósfera interna, impuestas por la aplicación de la película comestible alrededor del fruto, produciendo una disminución en la concentración de O_2 y un aumento en la concentración de CO_2 (Hagenmainer y Baker, 1993). Estos resultados concuerdan con Mendoza *et al.* (2001) y Troncoso- Rojas *et al.* (1999) quienes reportaron disminuciones en la tasa respiratoria en frutos de melón cantaloupe cv. 'Primo' y cv. 'Magnum' tratados con cera comercial. El efecto que tuvo el 1-MCP en el aumento de la tasa respiratoria se puede deber a el estado de madurez de los frutos o a otros factores desconocidos tales como el estrés provocado por el tratamiento gaseoso. Dong *et al.* (2002) reportaron un aumento en la tasa de respiración en frutos de nectarina tratados con 1-MCP, donde concluyeron que el estado de madurez fue un factor importante en este aumento. Por lo tanto, es importante determinar el estado de madurez de melón apropiado para la aplicación de 1-MCP donde no afecta la tasa respiratoria.

La respiración fue menor en los frutos almacenados a 2°C a diferencia de los frutos a 20°C, pudiéndose deber a las diferencias de la modificación de los frutos provocada por el período de almacenamiento. Velásquez y colaboradores (1998) reportaron que la actividad respiratoria de los frutos es una función del efecto de la temperatura sobre el metabolismo, así como las propiedades de transporte de gases a través de las películas flexibles que constituyen el empaque.

La producción de etileno en los frutos almacenados a 20°C, presentaron un valor máximo de 65.90 $\mu L/Kg-h$ en el segundo día, donde el tratamiento de 1-MCP + cera mostró mayor producción de etileno (Figura 7). Se encontraron

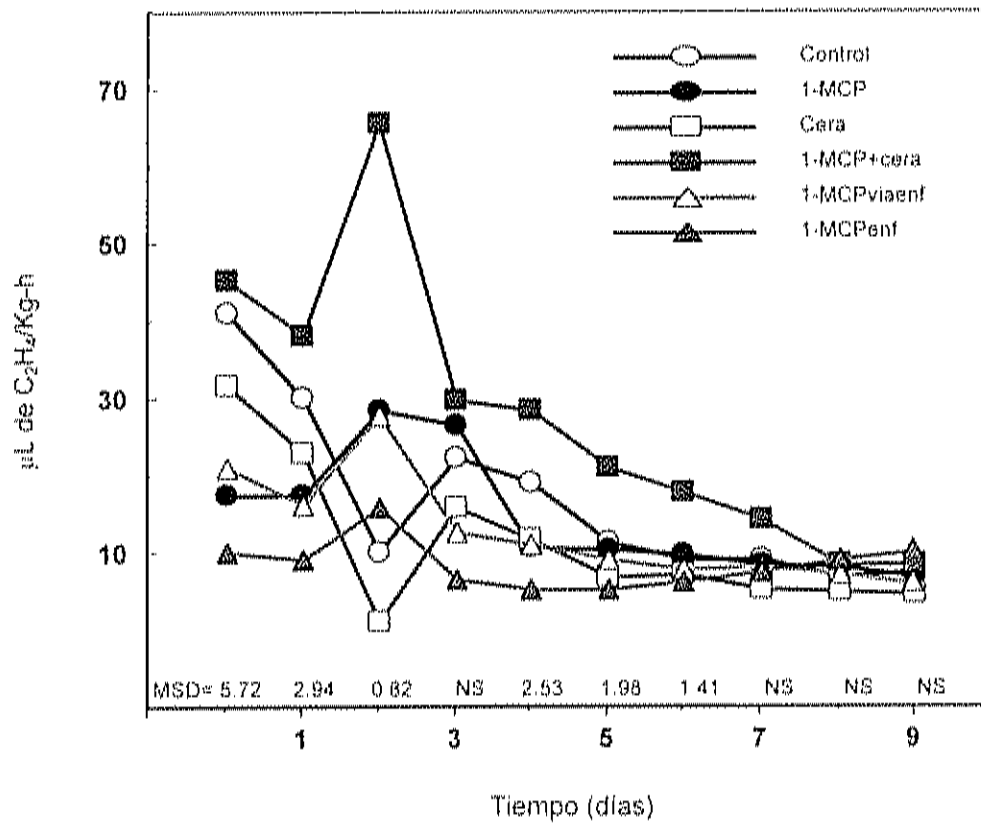


Figura 7. Producción de etileno en frutos de melón cantaloupe almacenados a 20°C. (NS. No significativo. MSD. Diferencia mínima significativa (p<0.05)).

diferencias significativas entre tratamientos en el contraste 2 (1-MCP + cera vs tratamientos con 1-MCP) ($p < 0.05$) desde el primer día de almacenamiento, donde el tratamiento con cera mantuvo mayor control en la producción de etileno a diferencia del control y el resto de los tratamientos. Cabe mencionar que estos valores caen dentro del rango reportado por Suslow *et al.* (2001) presentando valores de 40-80 $\mu\text{L/Kg-h}$ para melones almacenados a 20°C dependiendo del cultivar. Mendoza *et al.* (2001) presentaron valores de etileno de 20.53 $\mu\text{L/Kg-h}$ para melones cv. primo almacenados a 20°C y tratados con diferentes tipos de ceras, donde su pico climatérico se presentó al sexto día. En este estudio el posible pico climatérico se presentó los primeros tres días con valores muy similares para la mayoría de los tratamientos.

Con respecto al comportamiento de los melones almacenados a 2°C durante 20 días y trasladados a 20°C, se presentó una producción máxima de 15.45 $\mu\text{L/Kg-h}$ en el primer día (Figura 8). Asimismo, se observó que el tratamiento control mostró mayor producción de etileno y se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en los contrastes 1 (control vs todos los tratamientos) y 2 (1-MCP + cera vs tratamientos con 1-MCP) ($p < 0.05$) en el segundo día de almacenamiento, donde la aplicación de cera mostró mayor control en la producción de etileno.

En este trabajo no se presentó una producción alta de etileno, debido a que el fruto es un productor mediano, a diferencia del aguacate (Jeong *et al.*, 2002), el cual presenta valores máximos de 145 y 157 $\mu\text{L/Kg-h}$ en su almacenamiento a 20°C. Caso contrario es el de la piña, donde se encontraron mayores concentraciones de etileno en frutos no tratados que en los frutos con 1-MCP (Selvarajah *et al.*, 2001).

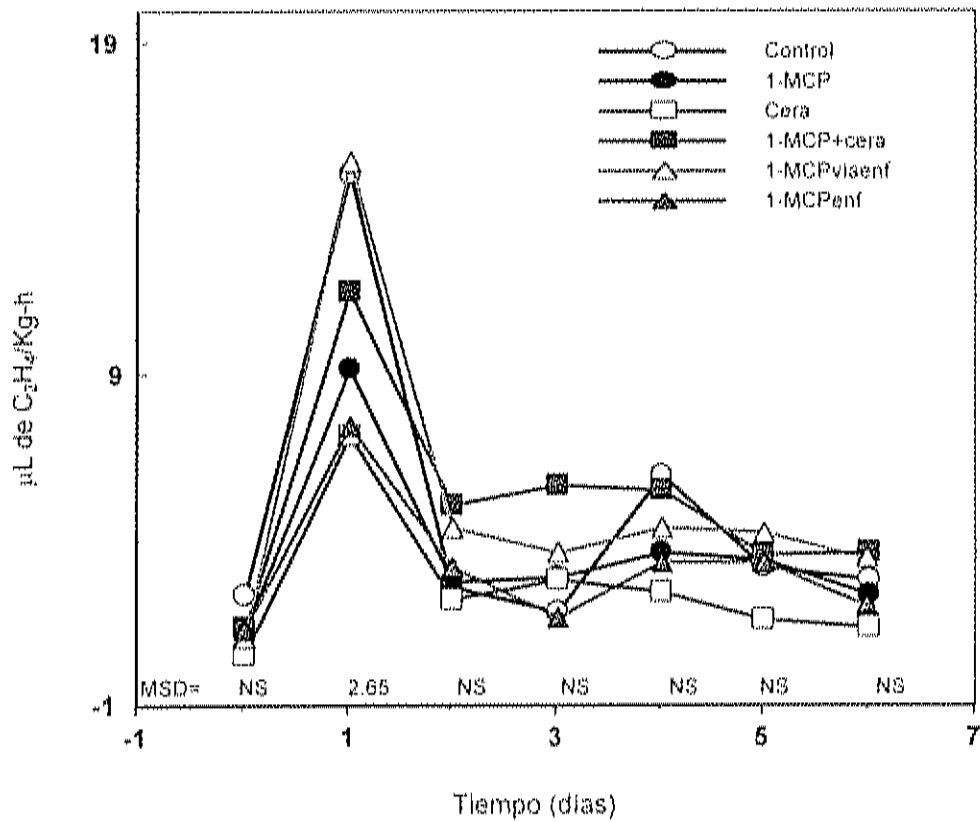


Figura 8. Producción de etileno en frutos de melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C. (NS. No significativo. MSD. Diferencia mínima significativa ($p < 0.05$)).

El etileno puede ser un problema en la sobremaduración del melón durante su distribución y almacenamiento, provocando pérdidas en la calidad del fruto; generalmente la tasa de producción de etileno aumenta con la madurez, daños físicos y altas temperaturas; ya que el metabolismo de los frutos involucra varias reacciones enzimáticas que se incrementan exponencialmente conforme aumenta la temperatura (Willis *et al.*, 1998).

El tratamiento con cera logró mantener bajas producciones de etileno debido a la barrera que protege al fruto del intercambio de gases, similarmente a lo ocurrido con la respiración. En cambio el efecto de la aplicación del 1-MCP no fue satisfactorio para el control de la producción de etileno, esto puede deberse a que esta olefina es un receptor de etileno y que inhibe los efectos del gas y no su biosíntesis (Blankenship y Dole, 2003). Sin embargo,

Producción de volátiles

El aroma juega un papel importante en la calidad del fruto y es un proceso dependiente de la tasa de respiración y la producción de etileno (Abdi *et al.*, 1998). Sin embargo, la producción de etanol y acetaldehído son aromas indeseable en el fruto debido a la característica de fermentación que estos proveen. Algunos factores que alteran la producción de volátiles son el uso de ceras comestibles (Baldwin *et al.*, 1999) y las bajas temperaturas (Ben Amor *et al.*, 1999).

En este trabajo se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la producción de acetaldehído en los contrastes 1(control Vs todos los tratamientos), 2 (1-MCP + cera vs tratamientos con 1-MCP) y 3 (Cera vs tratamientos con 1-MCP sin cera) ($p < 0.05$) desde el primer día de

almacenamiento en los frutos almacenados a 20°C (Figura 9) y a 2°C (Figura 10). En los melones almacenados a 20°C y tratados con 1-MCP se mostraron concentraciones más bajas de volátiles con respecto a los demás tratamientos. Estos resultados pueden compararse con los reportados por Fan and Mattheis (2001) quienes observaron una disminución en la concentración de volátiles con la aplicación de 1-MCP a frutos de manzana, así como también con otros estudios en naranja (Porat *et al.*, 1999), duraznos (Fan *et al.*, 2000) y melón (Flores *et al.*, 2002). En estos estudios también se inhibió la síntesis de volátiles con la aplicación de 1-MCP. Un factor importante que recalcar fue que el uso de ceras no alteró la calidad de los frutos con respecto al control.

La producción de etanol en los frutos almacenados a 20°C (Figura 11). Los melones tratados con 1-MCP presentaron concentraciones de etanol más bajas que los demás tratamientos (0.06 – 0.1 μmoles/100mg de muestra), mientras que los melones encerados presentaron una mayor concentración de este volátil (0.09 – 0.27 μmoles/100mg de muestra). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Abda y Jávega (1999) quienes encontraron un incremento significativo en la producción de etanol con la aplicación de recubrimientos céreos en frutos de mandarina.

En los frutos almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C (Figura 12) se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Se presentó un comportamiento similar al de los frutos almacenados a 20°C en donde se presentó una tendencia menor en la concentración de etanol en los frutos tratados con 1-MCP.

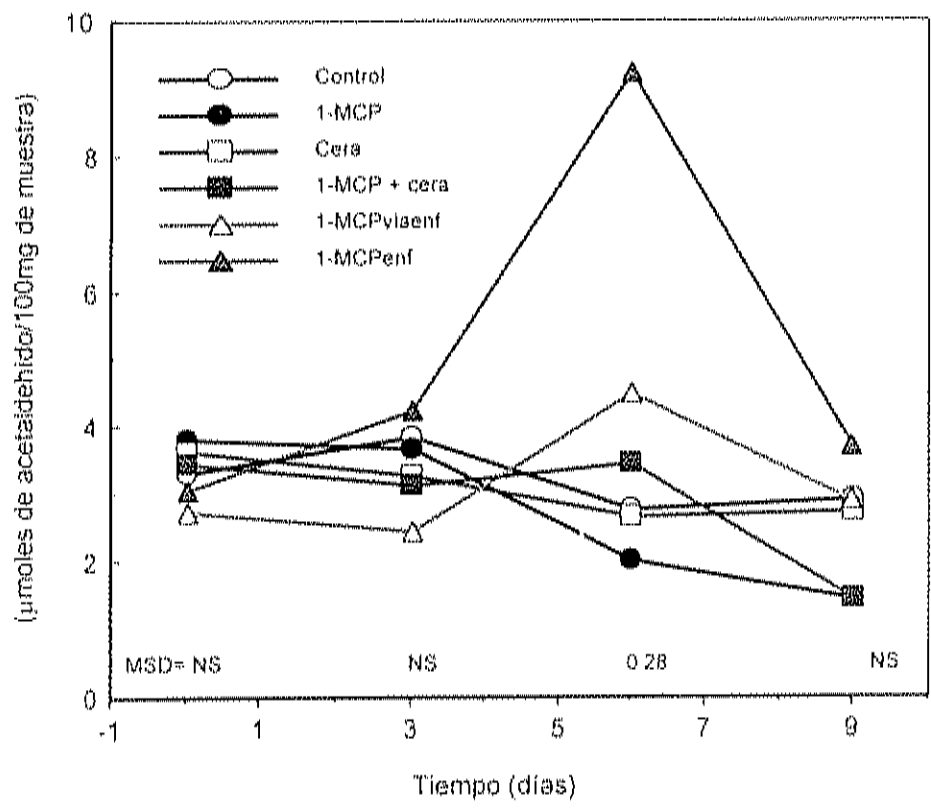


Figura 9. Producción de acetaldehído en frutos de melón cantaloupe almacenados a 20°C. (NS. No significativo, MSD. Diferencia mínima significativa ($p < 0.05$)).

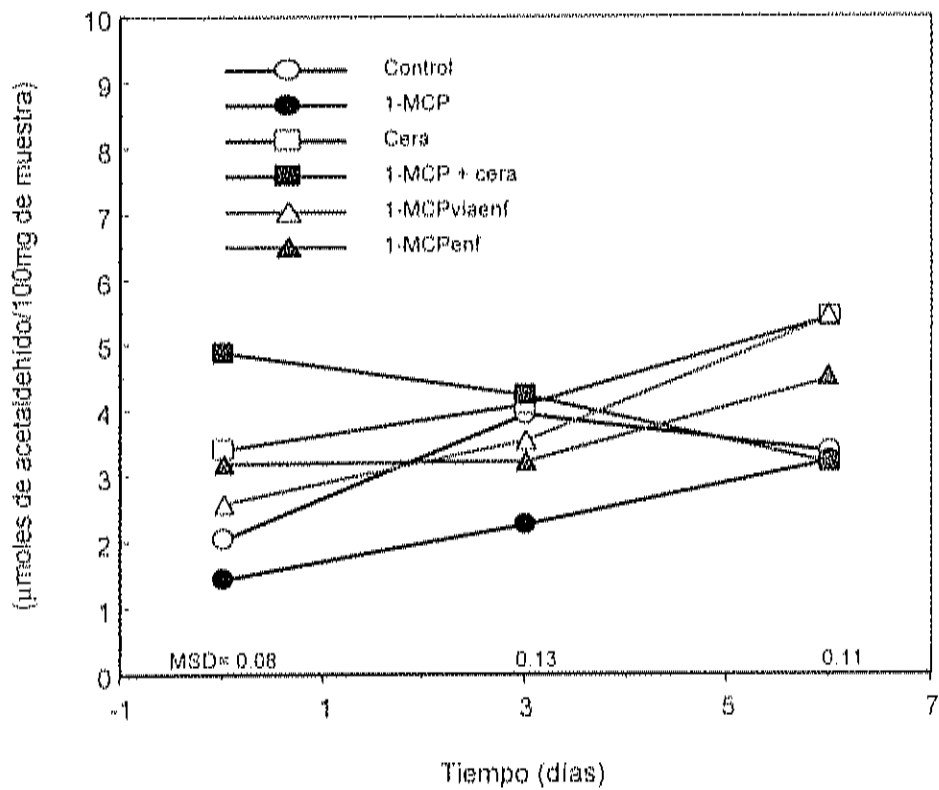


Figura 10. Producción de acetaldehído en frutos de melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C. (MSD. Diferencia mínima significativo ($p < 0.05$)).

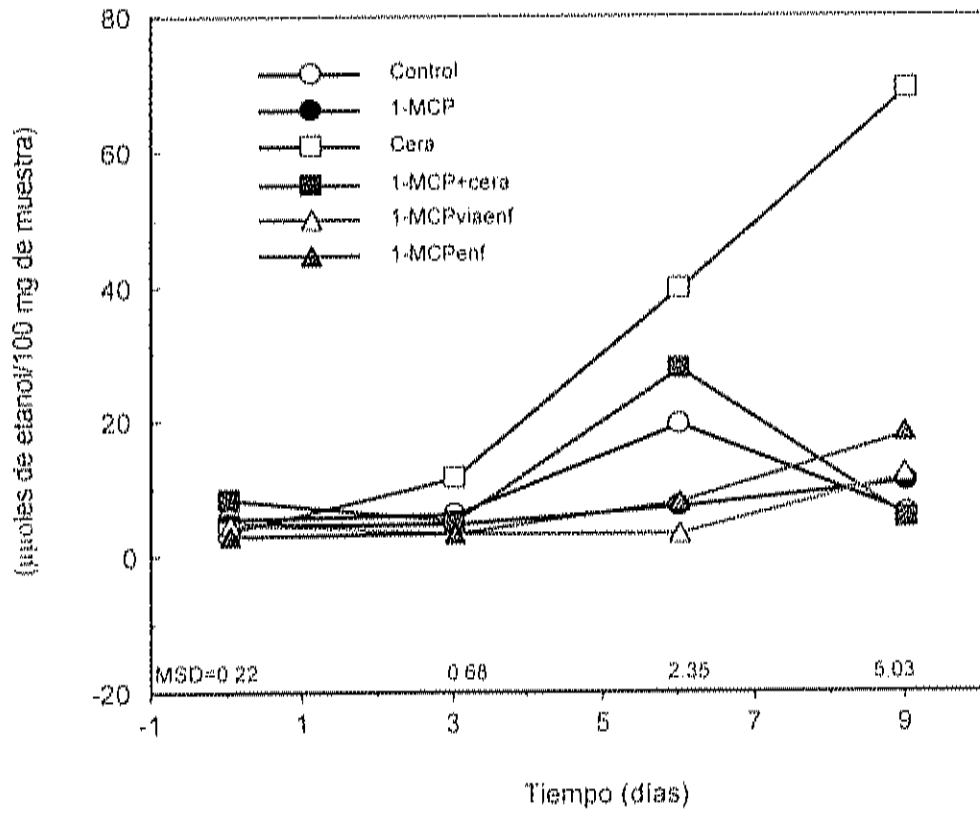


Figura 11. Producción de etanol en frutos de melón cantaloupe almacenados a 20°C. (MSD. Diferencia mínima significativa $p(<0.05)$).

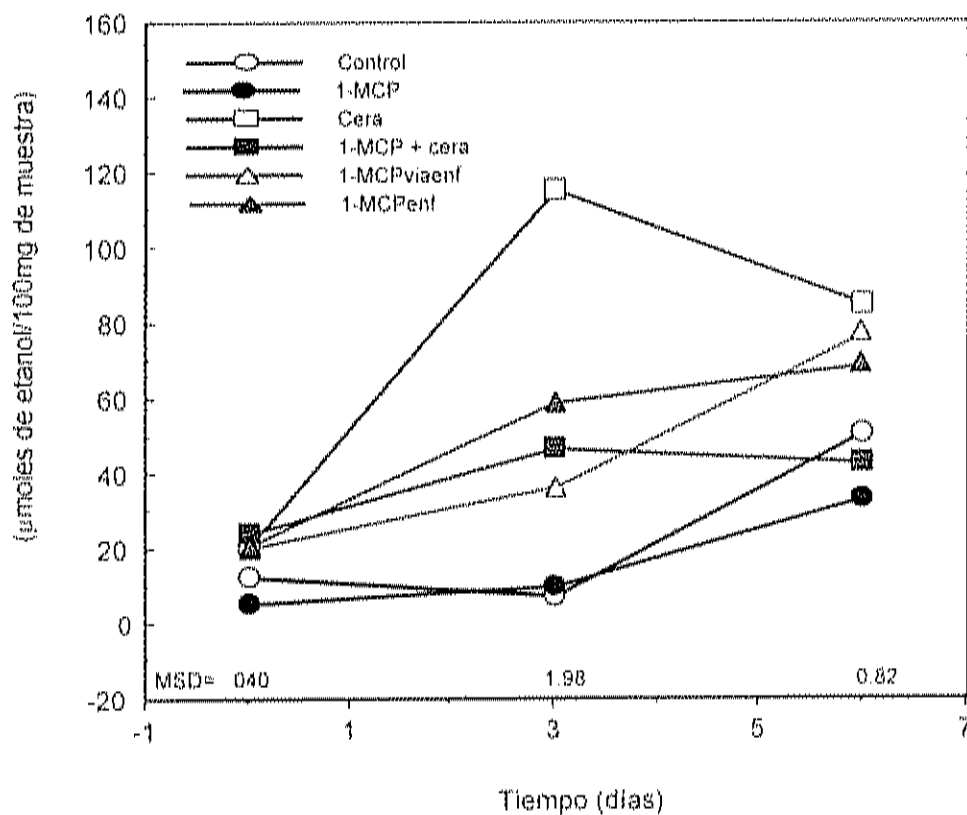


Figura 12. Producción de etanol en frutos de melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20° C. (MSD. Diferencia mínima significativa ($p < 0.05$))

Cabe mencionar que la producción de volátiles (acetaldehído y etanol) fue mayor en los frutos almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C que en los frutos almacenados directamente a 20°C. Estos resultados pueden compararse con los reportados por Ben Amor *et al.* (1999) donde frutos de melón expuestos a bajas temperaturas presentaron mayor síntesis de volátiles.

Determinaciones Físicas

Color Interno

En el fruto de melón los cambios de color se presentan al inicio del desarrollo del fruto, donde se realiza la degradación de clorofila y la síntesis de carotenoides anunciando este evento el proceso de maduración (Martínez-Madrid *et al.*, 1999). En este trabajo no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en las dos temperaturas (20°C (Cuadro 4) y 2°C por 20 días y trasladados a 20°C (Cuadro 5)) en los parámetros de ángulo Hue y croma. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Cantwell (1998) quien reporta que el color interno de los frutos de melón no cambia mucho, sino que depende más del estado de desarrollo en el cual la fruta fue cosechada.

Un factor importante a considerar es que la aplicación de los tratamientos no afectó el color con respecto al control y esto es importante para la calidad del fruto. El componente de color Hue presentó una ligera tendencia a disminuir con respecto al tiempo en las dos temperaturas de almacenamiento, presentando un valor aproximado de 74 -79° en la esfera de color característico de un color anaranjado propio de este fruto. Rodríguez y Manzano (1998) reportaron una disminución del ángulo Hue sin encontrar diferencias significativas entre

Cuadro 4. Cambios de color Hue y croma en melón cantaloupe almacenados a 20°C.

Tratamiento	HUE	Croma
Inicial		
Control	79.14	40.10
1-MCP	77.11	42.08
Cera	76.43	41.79
1-MCP + Cera	77.62	40.81
Mcp vía enf	77.48	41.71
Mcp enf	78.98	40.53
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	NS	NS
3 días		
Control	77.29	44.28
1-MCP	75.07	40.13
Cera	77.50	42.54
1-MCP + cera	76.34	43.36
Mcp vía enf	73.85	44.39
Mcp enf	75.37	43.83
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	NS	NS
6 días		
Control	69.60	44.48
1-MCP	69.91	43.78
Cera	67.51	42.54
1-MCP + cera	71.89	42.72
Mcp vía enfe	68.07	43.84
Mcp enf	72.94	43.16
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	NS	NS
9 días		
Control	74.93	44.19
1-MCP	74.14	43.78
Cera	76.04	40.90
1-MCP + cera	75.15	41.50
Mcp vía enf	74.77	42.01
Mcp enf	73.94	43.04
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	NS	NS

Promedio de 4 repeticiones. (NS, No significativo. MSD, Diferencia mínima significativa (P<0.05)).

Cuadro 5. Cambios de color Hue y croma en melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C.

Tratamiento	Hue	Croma
Inicial		
Control	79.28	42.05
1-MCP	71.11	40.87
Cera	78.74	43.29
1-MCP + cera	77.31	45.25
Mcp vía enf	79.44	42.67
Mcp enf	77.55	42.79
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	NS	NS
3 días		
Control	75.60	40.33
1-MCP	76.30	44.15
Cera	76.80	44.06
1-MCP + cera	74.16	42.05
Mcp vía enf	77.02	44.08
Mcp enf	76.18	43.66
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	NS	NS
6 días		
Control	74.74	44.42
1-MCP	75.16	42.31
Cera	76.21	43.43
1-Mcp + cera	76.58	42.94
Mcp vía enf	79.70	43.17
Mcp enf	77.08	42.62
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	NS	NS

Promedio de 4 repeticiones. (NS. No significativo. MSD. Diferencia mínima significativa (p<0.05)).

tratamientos con la aplicación de atmósferas modificadas en frutos de melón cantaloupe.

El croma presentó al igual que el ángulo Hue una ligera tendencia a disminuir con respecto al tiempo en las dos temperaturas de almacenamiento, presentando valores entre un rango de 40 – 45, lo que significa mayor pureza de color. Los resultados obtenidos concuerdan con los reportados por Rodríguez y Manzano (1998) quienes estudiaron el efecto de la temperatura y atmósferas controladas en los atributos fisicoquímicos del melón. El color del melón cantaloupe utilizado en este estudio no fue modificado por el efecto de los tratamientos aplicados.

Firmeza

Como un proceso normal de la maduración, la firmeza de los frutos tendió a disminuir independientemente del tratamiento y de la temperatura a la que fueron sometidos. Una característica única del melón es la pared celular, donde se ha visto que el ablandamiento de ésta no está asociado con la actividad de enzimas que hidrolizan los componentes de la pared celular como en otros frutos climatéricos (Roth, 1977). Sino a pérdidas de la integridad de membranas del tejido hipodermal – mesocarpio, lo que se traduce en mayores pérdidas de firmeza y peso (Román y Gutiérrez, 1998).

En los frutos almacenados a 20°C (Figura 13) se encontraron diferencias significativas en el contraste 4 (1-MCP vs tratamientos con 1-MCP aplicados a 2°C) ($p < 0.05$) desde el primer día de almacenamiento, los valores fluctuaron entre 20 y 8 N mostrando un descenso significativo desde el sexto día. Se observó que los melones con 1-MCP mantuvieron una tendencia de mayor firmeza con

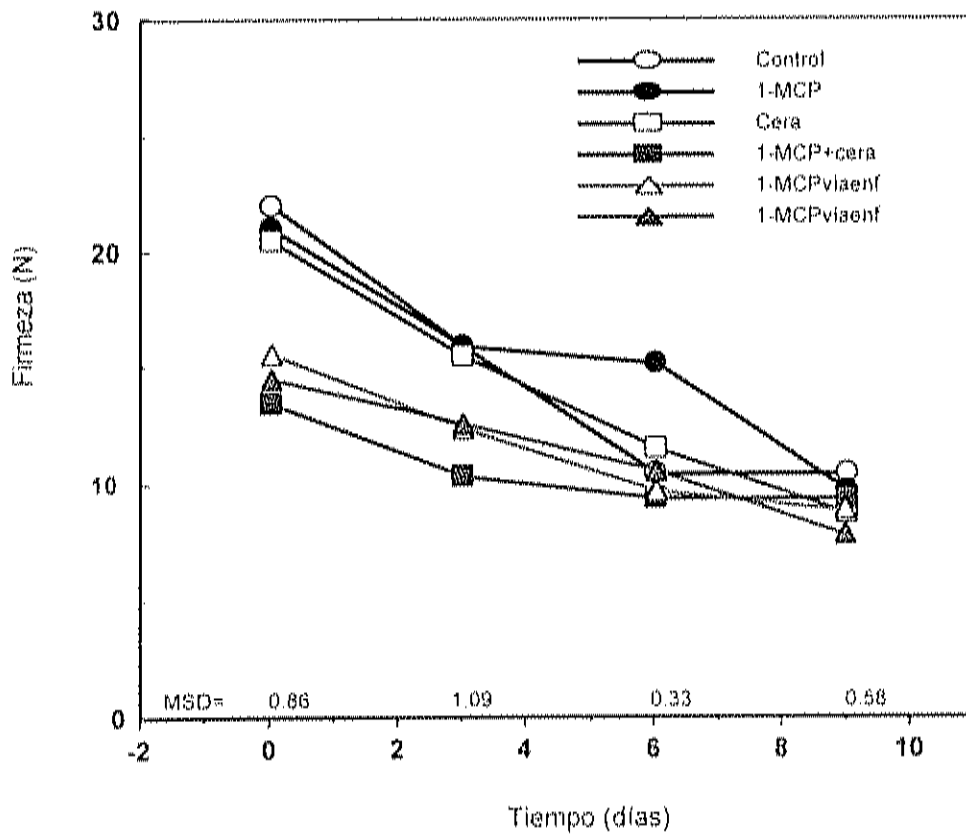


Figura 13. Pérdida de firmeza en frutos de melón cantaloupe almacenados a 20°C. (MSD. Diferencia mínima significativa ($p < 0.05$)).

respecto al control y los tratamientos restantes. Se han reportado efectos benéficos en diferentes frutos como la manzana con la aplicación de 1-MCP (Nazir et al., 2001; Blankenship and Dole, 2003), los cuales reportan menor pérdida de firmeza. Los tratamientos con la aplicación de ceras mostraron valores menores de 20 N. Báez *et al.* (2002) y Troncoso *et al.* (1999) reportan valores mayores de pérdidas de firmeza en la aplicación de ceras en melón cantaloupe. Jeong *et al.* (2002) no reportan de firmeza diferencias entre tratamientos ($p < 0.05$) con la aplicación de ceras y 1-MCP en frutos de aguacate.

En los frutos de melón almacenados a 2°C durante 20 días y trasladados a 20°C (Figura 14) no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$). La firmeza osciló entre 15 y 10 N valores menores a los reportados en otros trabajos como los de Báez *et al.* (2002) y Troncoso *et al.* (1999) pueden deberse a la variedad utilizada, o a el estado de madurez de los frutos utilizados en el presente estudio.

Pérdida de peso

La pérdida de peso en los melones expuestos a las dos condiciones de temperatura (20°C y 2°C por 20 días y trasladados a 20°C) se incrementó conforme avanzó el periodo de almacenamiento. El porcentaje de pérdida de peso fue mayor en los frutos colocados directamente a 20°C en donde los valores fluctuaron entre 36 y 20% después de 15 días en esta condición.

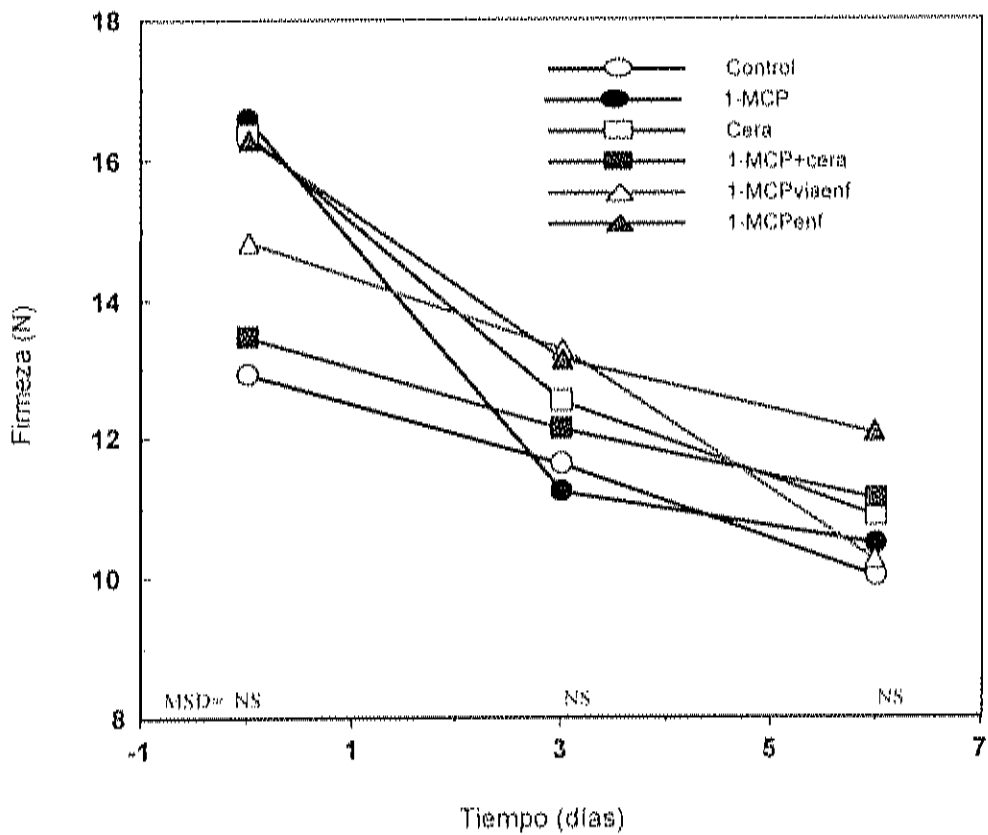


Figura 14. Pérdida de firmeza en frutos de melón cantaloupe almacenados 2°C por 20 días y trasladados a 20° C. (NS. No significativo. MSD. Diferencia mínima significativa ($p < 0.05$)).

Con respecto al comportamiento entre tratamientos se encontraron diferencias significativas en el contraste 4 (1-MCP vs tratamientos con 1-MCP aplicados a 2°C) ($p < 0.05$) hasta el séptimo día de almacenamiento en los frutos almacenados a 20°C (Figura 15). Los tratamientos con aplicación de cera, 1-MCP y la combinación de 1-MCP + cera aplicados a una temperatura a 20°C fueron los que presentaron menor porcentaje de pérdida de peso.

Lo anterior se puede deber, en el caso del uso de cera, a la reducción del área abierta de la red por los sólidos de la emulsión, con lo cual se limitó el transporte de vapor de agua desde el interior (Báez *et al.*, 2002). El tratamiento con la aplicación de 1-MCP cuando la fruta está fría, presentó mayor pérdida de peso, lo cual pudo deberse al estrés causado con el enfriamiento de la fruta.

Con respecto a los frutos almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C (Figura 16), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$); sin embargo, el tratamiento con cera, fue el que presentó una tendencia menor a la pérdida de peso con respecto al control y los demás tratamientos. Los valores fluctuaron entre 15 y 12% después de 7 días a la condición de mercadeo, posteriores a los 20 días a 2°C.

Hardenburg *et al.* (1990) reportaron que una pérdida de peso del 3 al 6% es capaz de causar una marcada pérdida de textura y calidad en muchos tipos de productos. Se ha visto que el marchitamiento por pérdidas de peso o turgencia de un fruto cosechado es inevitable y puede hacerse más evidente cuando la pérdida de agua y los solutos disueltos se pierden bruscamente.

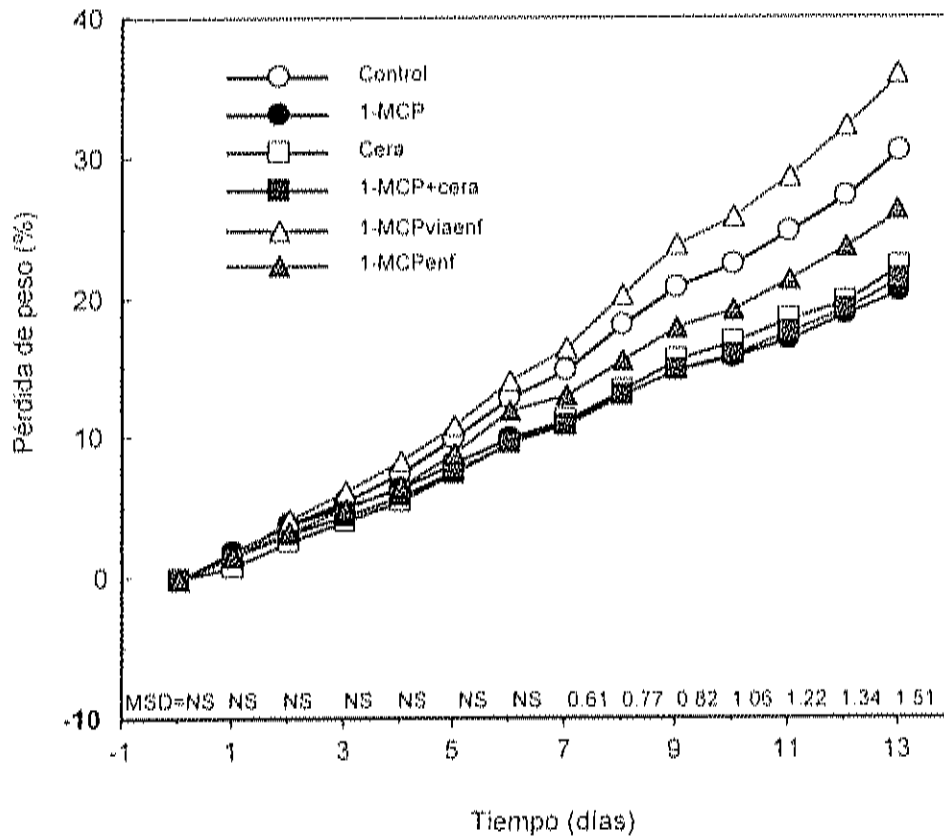


Figura 15. Pérdida de peso en frutos de melón cantaloupe almacenados a 20°C. (NS. No significativo. MSD, Diferencia mínima significativa ($p < 0.05$)).

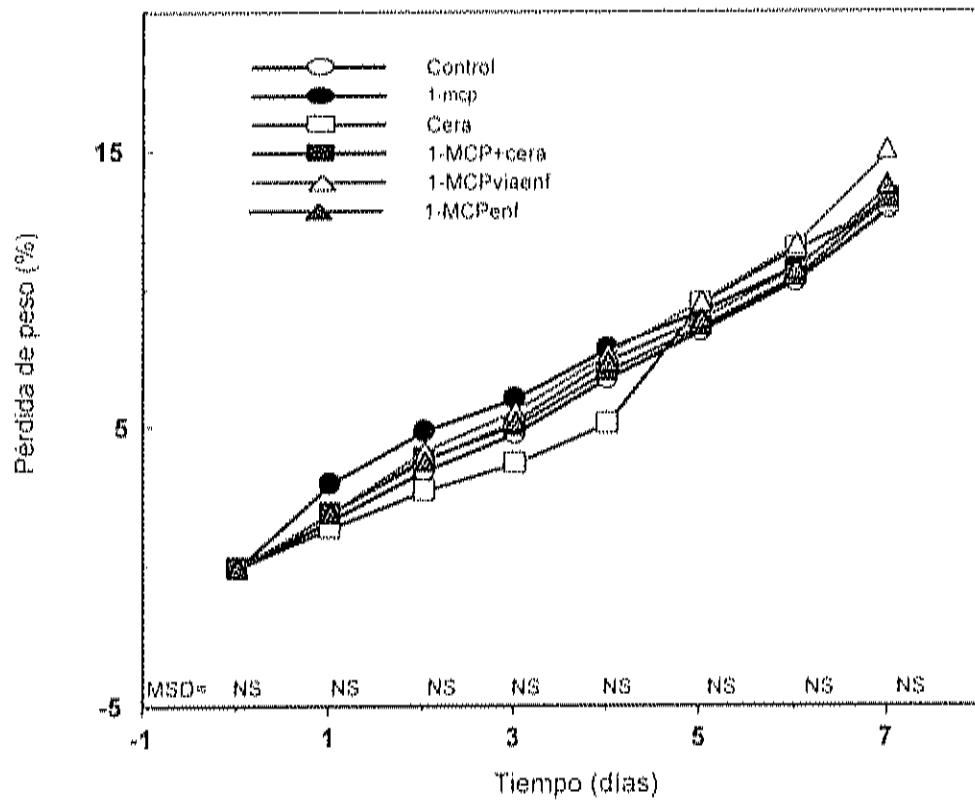


Figura 16. Pérdida de peso en frutos de melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20° C. (NS. No significativo, MSD. Diferencia mínima significativa ($p < 0.05$)).

En este trabajo se reportaron valores de pérdida de peso superior a los reportados en la literatura. Mendoza *et al.* (2001) reportó un porcentaje del 6 y 7% en melones cantaloupe tratados con diferentes mezclas cerosas incluyendo la utilizada en este trabajo. Sin embargo, se vió un comportamiento similar con respecto a la temperatura de almacenamiento; donde los frutos expuestos a menores temperaturas mostraron menor pérdida de peso. Las pérdidas de peso entre 3 y 6 % se presentaron hasta los 6 días en condiciones de mercadeo, independientemente si la fruta era almacenada o no y en la fruta encerada se presentó hasta el octavo día.

Determinaciones Químicas

pH

Durante el almacenamiento a 20°C (Cuadro 6) no se encontraron diferencias significativas en el pH de los melones entre tratamientos ($p < 0.05$). Los valores de pH en los frutos aumentaron con respecto al tiempo de almacenamiento como un proceso normal de la maduración encontrándose variaciones de pH de 6 a 7. Peralta (2000) reportó unidades de pH de 7 en frutos de melón cv 'copa de oro'; sin embargo, en el presente trabajo se vió un comportamiento ascendente del pH durante la etapa de almacenamiento, lo que concuerda con Lester y Dunlap (1986) quienes reportaron incrementos de pH en melón cv 'perlita' durante el desarrollo de la maduración del fruto.

En los frutos almacenados a 2°C (Cuadro 7) por 20 días y trasladados a 20°C, se encontraron diferencias entre tratamientos en los contrastes 2 (1-MCP + cera vs tratamientos con 1-MCP) y 4 (1-MCP vs tratamientos con 1-MCP aplicados a 2°C) ($p < 0.05$) desde el primer día de almacenamiento, siendo la

aplicación de 1-MCP el mejor tratamiento. El pH disminuyó de 11 a 7, esto puede deberse a la temperatura de almacenamiento, la cual mantuvo la calidad en el proceso de maduración disminuyendo el pH y aumentando la acidez titulable.

En este trabajo el pH se mantuvo en un rango de 7 para los melones a 20°C y por arriba de 7 en los melones almacenados a 2°C, por lo que se puede concluir que independientemente del efecto de los tratamientos los frutos mantuvieron la calidad durante el almacenamiento.

Ácido Titulable (AT)

Durante la maduración de los frutos, la concentración de los ácidos orgánicos disminuyen ya que son empleados durante el proceso de respiración como sustratos para la producción de energía (Willis *et al.*, 1998). En los frutos almacenados a 20°C (Cuadro 6) no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, los valores de acidez titulable determinados fueron de 0.091 – 0.041% de ácido cítrico, siendo el control el que obtuvo mayor pérdida de los ácidos, representando mayor estado de madurez. Los demás tratamientos mostraron un comportamiento lineal en cuanto a la disminución de los ácidos; sin embargo, no afectó las características de madurez con la aplicación de los mismos.

En los frutos almacenados a 2°C (Cuadro 7) por 20 días y trasladados a 20°C se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en el contraste 4 (1-MCP vs tratamientos con 1-MCP aplicados a 2°C) ($p < 0.05$) desde el primer día de almacenamiento, siendo la aplicación de 1-MCP a 2°C los que presentaron menor concentración de ácidos. De lo anterior se puede deducir

que los frutos almacenados a esa temperatura tuvieron un retraso en su maduración, presentando valores de 0.03 – 0.08% de ácido cítrico.

El % de AT fue menor en los frutos expuestos a bajas temperaturas, estudios previos realizados por Peralta (2000) en frutos de melón de la variedad `copa de oro` presentaron menor concentración de ácidos en los frutos tratados con películas y ceras, que puede deberse a una diferencia varietal ó estado de madurez más avanzado.

El % de AT no fue afectado por los tratamientos en los frutos almacenados a 20°C, mientras que en los frutos almacenados a 2°C si hubo un efecto de los tratamientos, en donde el 1-MCP disminuyó el % de AT provocando un retraso en su maduración. La baja temperatura fue un factor fundamental para este comportamiento.

Sólidos Solubles Totales

Los sólidos solubles totales se emplean como indicadores de calidad, considerando como indicativo una calidad comestible un valor mayor del 9% en frutos de melón con una calidad comestible (Hicks, 1986). Este fruto cuenta con pocas reservas de almidón por lo tanto, los SST no aumentan más del 15% después de ser cosechados (Cantwell, 1998).

Durante el almacenamiento en las dos diferentes temperaturas (20°C (Cuadro 6) y 2°C (Cuadro 7) por 20 días y trasladados a 20°C), el contenido de SST tendió a disminuir, en relación con el valor inicial encontrándose diferencias significativas entre tratamientos en el contraste 4 (1-MCP vs tratamientos con 1-MCP aplicados a 2°C) ($p < 0.05$) para las dos temperaturas

(20°C y 2°C). Cohen y Hicks (1986) reportaron que el contenido de azúcares reductores en frutos de melón cantaloupe disminuyen notablemente con la exposición a períodos prolongados de almacenamiento en frío o altas temperaturas, por lo que está también relacionada con el proceso de respiración (Lester y Bruton, 1986).

El tratamiento con 1-MCP presentó mayor contenido de SST en las dos temperaturas evaluadas. A 20°C con un valor inicial de 12.5 para alcanzar valores de 9.6 y a 2°C con un valor de 17.15 alcanzando valores de 10.15. Algunos estudios reportan el efecto del 1-MCP en frutos como piñas, papayas y manzanas, donde se observó un alto contenido de SST, a diferencia de las fresas donde se observó una disminución a pesar de la presencia o ausencia de etileno exógeno. Sin embargo en naranjas, duraznos y ciruelas el contenido de sólidos solubles totales no fue afectado con la aplicación de 1-MCP (Dong et al., 2002).

Todos los tratamientos presentaron valores mayores a los reportados por Hicks (1986), por lo que los frutos se consideraron con una buena calidad comestible según los estándares establecidos por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en el Código de Regulaciones Federales (1999). Ello puede deberse a la variedad y estado de madurez usados para el experimento, es decir a la calidad inicial de los melones.

Contenido de Azúcares

Durante la maduración del fruto, hay un incremento de azúcares totales, dentro de el contenido de sacarosa aumenta, mientras que el contenido de glucosa y fructosa disminuyen (Guis *et al.*, 1998; Hubbard and Pharr, 1990). En

Cuadro 6. Cambios de pH, AT y SST en melón cantaloupe almacenados a 20°C.

Tratamiento	PH	AT	SST*
Inicial			
Control	7.03	0.09	10.96
1-MCP	6.71	0.05	12.25
Cera	6.64	0.06	8.9
1-MCP + cera	6.63	0.05	12.3
Mcp vía enf	6.38	0.06	7.23
Mcp enf	6.71	0.05	8.9
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	NS	NS	0.03
3 días			
Control	6.76	0.06	11.2
1-MCP	6.90	0.05	10.7
Cera	6.53	0.06	10.2
1-MCP + cera	6.39	0.07	8.4
Mcp vía enf	6.69	0.06	8
Mcp enf	6.48	0.05	9.6
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	NS	NS	0.01
6 días			
Control	6.82	0.06	9.2
1-MCP	7.08	0.05	10.7
Cera	6.70	0.06	10
1-MCP + cera	6.65	0.06	9.6
Mcp vía enf	6.83	0.06	11.35
Mcp enf	6.79	0.06	10.25
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	NS	NS	0.009
9 días			
Control	6.57	0.07	10.6
1-MCP	6.66	0.06	9.6
Cera	6.89	0.05	9.76
1-MCP + cera	6.7	0.06	15.05
Mcp vía enf	6.65	0.07	13.65
Mcp enf	7.13	0.04	12.61
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	NS	NS	0.12

Promedio de 3 repeticiones. (NS. No significativo. MSD. Diferencia mínima significativa (p<0.05)).

Cuadro 7. Cambios de pH, AT y SST en melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C.

Tratamiento	pH*	AT*	SST*
Inicial			
Control	7.65	0.04	9.63
1-MCP	11.55	0.06	17.15
Cera	9.45	0.05	10.4
1-MCP + cera	8.65	0.04	9.35
Mcp vía enf	8.45	0.03	10.08
Mcp enf	8.65	0.04	9.95
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	0.01	0.009	0.01
3 días			
Control	9.95	0.03	11.45
1-MCP	8.5	0.04	14.2
Cera	8.25	0.03	8.9
1-MCP + cera	11.75	0.03	12.3
Mcp vía enf	8.08	0.03	7.23
Mcp enf	9.15	0.03	8.95
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	0.07	0.0004	0.03
6 días			
Control	7.45	0.08	10.75
1-MCP	7.55	0.07	10.15
Cera	7.45	0.05	13.15
1-MCP + cera	7.55	0.03	11.35
Mcp vía enf	7.55	0.04	8.75
Mcp enf	7.15	0.06	8.75
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	0.01	0.0009	0.01

Promedio de 3 repeticiones. (NS. No significativo. MSD. Diferencia mínima significativa (P<0.05)).

este trabajo, se presentó este comportamiento en los frutos almacenados a 20°C, encontrándose diferencias significativas entre tratamientos en los contrastes 2 (1-MCP + cera vs tratamientos con 1-MCP) y 3 (cera vs tratamientos con 1-MCP sin cera) ($p < 0.05$) en el contenido de fructosa y glucosa y 2 (1-MCP + cera vs tratamientos con 1-MCP), 3 (cera vs tratamientos con 1-MCP sin cera) y 4 (1-MCP vs tratamientos con 1-MCP aplicados a 2°C) ($p < 0.05$) en el contenido de sacarosa, todos desde el primer día de almacenamiento.

En los melones tratados con 1-MCP se detectó mayor contenido de sacarosa en las dos temperaturas de almacenamiento, con un valor inicial de 11.49 llegando a valores de 18.83 mg de sacarosa/g de peso fresco en los frutos almacenados a 20°C (Cuadro 8). En los frutos almacenados a 2°C (Cuadro 9) se encontraron diferencias significativas en los contrastes 2 (1-MCP + cera vs tratamientos con 1-MCP) y 4 (1-MCP vs tratamientos con 1-MCP aplicados a 2°C) ($p < 0.05$) en la concentración de fructosa, 4 (1-MCP vs tratamientos con 1-MCP aplicados a 2°C) y 5 (1-MCP vía enf vs 1-MCP enf) ($p < 0.05$) en glucosa y 4 (1-MCP vs tratamientos con 1-MCP aplicados a 2°C) ($p < 0.05$) en sacarosa, todos desde el primer día de almacenamiento. Los melones tratados con 1-MCP presentaron un valor inicial de 14.11mg/g de peso fresco alcanzando un valor al noveno días de 18.13. Sin embargo, se puede ver que en el contenido de glucosa y fructosa fue menor, por lo que se deduce que la aplicación de 1-MCP en los frutos propició un mayor estado de madurez, a diferencia de los demás tratamientos.

Los melones tratados con cera presentaron menor concentración de sacarosa con un valor inicial de 6.02 mg de sacarosa/g de peso fresco, alcanzando valores al noveno día de 7.46 en melones almacenados a 20°C. En

Cuadro 8. Contenido de fructosa, glucosa y sacarosa en melón cantaloupe almacenados a 20°C. El resultado es expresado en mg de azúcar/g de peso fresco.

Tratamiento	Fructosa*	Glucosa*	Sacarosa*
Inicial			
Control	8.13	6.15	6.57
1-MCP	6.21	5.55	11.49
Cera	6.02	5.02	8.52
Mcp + cera	6.08	4.95	7.19
Mcpvíaenf	7.19	6.09	6.42
Mcpenf	6.21	5.20	5.37
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	0.12	0.16	0.17
3 días			
Control	5.58	4.62	11.45
1-MCP	6.79	6.81	10.14
Cera	7.50	6.27	4.47
Mcp + cera	7.30	6.05	5.46
Mcpvíaenf	5.37	4.02	10.22
Mcpenf	7.24	5.56	6.31
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	0.12	0.08	0.20
6 días			
Control	5.0	4.40	12.58
1-MCP	5.17	4.80	17.92
Cera	7.19	6.25	10.90
Mcp + cera	6.87	5.66	7.52
Mcpvíaenf	5.55	5.37	10.85
Mcpenf	6.30	4.93	11.47
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	0.12	0.13	0.23
9 días			
Control	6.78	5.60	6.61
1-MCP	5.73	4.64	18.83
Cera	7.45	6.21	7.46
Mcp + cera	8.94	8.73	8.32
Mcpvíaenf	6.27	4.91	9.49
Mcpenf	6.96	5.25	10.30
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	0.11	0.11	0.16

Promedio de 3 repeticiones, (MSD. Diferencia mínima significativa (p<0.05)).

Cuadro 9. Contenido de fructosa, glucosa y sacarosa en melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C. El resultado es expresado en mg de azúcar/g de peso fresco.

Tratamiento	Fructosa*	Glucosa*	Sacarosa*
Inicial			
Control	7.03	5.53	9.59
1-MCP	4.53	2.03	14.11
Cera	7.14	6.02	6.80
Mcp + cera	7.01	5.52	8.36
Mcpviaenf	8.17	6.54	7.66
Mcp enf	7.85	7.99	12.32
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	0.15	0.11	0.10
3 días			
Control	6.74	5.02	9.60
1-MCP	4.60	2.92	13.02
Cera	6.24	5.42	12.03
Mcp + cera	7.03	5.32	9.62
Mcpviaenf	6.24	4.32	9.54
Mcp enf	6.21	7.03	8.12
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	0.04	0.08	0.09
6 días			
Control	6.30	4.33	11.02
1-MCP	4.68	3.90	18.13
Cera	4.86	3.76	13.31
Mcp + cera	7.06	6.74	10.64
Mcpviaenf	4.66	3.81	10.73
Mcp enf	5.97	6.74	7.57
Análisis estadístico MSD (P<0.05)	0.12	0.18	0.23

Promedio de 3 repeticiones. (MSD. Diferencia mínima significativa (p<0.05)).

los frutos almacenados a 2°C, los melones tratados con cera presentaron un valor inicial de 7.14, alcanzando valores de 13.31 mg de sacarosa/g de muestra. Este comportamiento se puede deber a la aplicación de ceras que bloquean la transferencia de gases, donde se provoca una disminución de la respiración y consecuentemente la maduración del fruto.

Análisis de Calidad

Porcentaje de Pudrición y Marchitamiento

Durante el almacenamiento, los frutos fueron cambiando de apariencia, debido a todos los procesos involucrados en la maduración. En los frutos almacenados a 20°C (Cuadro 10), todos los melones presentaron un porcentaje nulo de pudrición durante el periodo de almacenamiento; sin embargo, al terminar este periodo, los frutos control y los melones tratados con 1-MCP a 2°C, mostraron un índice de pudrición del 60 - 80%. A diferencia del tratamiento con 1-MCP, el cual presentó valores de 10 – 30% de pudrición. Este resultado se puede correlacionar con los cambios en firmeza, los cuales están relacionados con la integridad de la pared celular, la cual presenta ablandamiento en la maduración del fruto.

En los frutos almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C (Cuadro 11), no se encontraron pudriciones en todo el periodo de almacenamiento. Se presentó un comportamiento similar a los frutos almacenados a 20°C, en donde el control y los frutos con 1-MCP aplicados a 2°C presentaron mayores índices de marchitamiento 60 – 80%. Sin embargo, el tratamiento con cera fue el que presentó menor porcentaje de marchitamiento

Cuadro 10. Porcentaje de pudrición y marchitamiento en melón cantaloupe almacenados a 20°C.

Tratamiento	% Pudrición	% de Marchitamiento
Inicial		
Control	0	10
1-MCP	0	10
Cera	0	10
Mcp + cera	0	10
Mcpviaenf	0	10
Mcp enf	0	10
3 días		
Control	0	40
1-MCP	0	20
Cera	0	30
Mcp + cera	0	30
Mcpviaenf	0	60
Mcp enf	0	40
6 días		
Control	0	50
1-MCP	0	20
Cera	0	40
Mcp + cera	0	30
Mcpviaenf	0	60
Mcp enf	0	60
9 días		
Control	0	50
1-MCP	0	30
Cera	0	40
Mcp + cera	0	40
Mcpviaenf	0	80
Mcp enf	0	80

Cuadro 11. Porcentaje de pudrición y marchitamiento en melón cantaloupe almacenados a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C.

Tratamiento	% Pudrición	% Marchitamiento
Inicial		
Control	0	30
1-MCP	0	20
Cera	0	20
Mcp + cera	0	30
Mcpviaenf	0	40
Mcp enf	0	40
3 días		
Control	0	30
1-MCP	0	20
Cera	0	20
Mcp + cera	0	30
Mcpviaenf	0	40
Mcp enf	0	40
6 días		
Control	0	50
1-MCP	0	40
Cera	0	30
Mcp + cera	0	40
Mcpviaenf	0	80
Mcp enf	0	80

(20 – 30%). Esto se puede deber a la barrera al intercambio de gases provocada por la película, retrasando la pérdida de agua y por lo tanto el marchitamiento.

CONCLUSIONES

La aplicación de cera comestible en melón cantaloupe Cv. 'Primo' redujo la tasa respiratoria y la producción de etileno en las dos temperaturas de almacenamiento (20°C y 2°C por 20 días y trasladados a 20°C) utilizadas en este estudio. Por lo que se retrasó la maduración del melón y se mantuvo su calidad por más tiempo.

La aplicación del 1-MCP en melón cantaloupe redujo la síntesis de acetaldehído en un 61.5% durante el almacenamiento a 20°C y en un 54.6% durante el almacenamiento a 2°C por 20 días y trasladados a 20°C.

El color interno no se vio influenciado por la aplicación de los tratamientos, conservando su color característico durante todo el período de almacenamiento a las 2 temperaturas en las que los frutos fueron expuestos.

La pérdida de firmeza y peso aumentó durante el tiempo de almacenamiento en las 2 temperaturas (20°C y 2°C por 20 días y trasladados a 20°C), siendo mayor en esta última. Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para el período de almacenamiento a 20°C, en donde la cera mantuvo valores más bajos de firmeza y la pérdida de peso de los frutos manteniendo valores por debajo de 15N y 15% respectivamente. En la temperatura de 2°C no se encontraron diferencias entre tratamientos.

En los frutos almacenados a 20°C no se encontraron diferencias para pH y AT, sin embargo los SST se vieron favorecidos por el tratamiento con 1-MCP, manteniendo valores de 9-12%. A 2°C los parámetros de de pH, AT y SST se

vieron favorecidos por la aplicación de 1-MCP manteniendo valores de 7.5-11.5 para pH, de 0.06-0.05 para AT y 17.1-10.1 para SST.

En el contenido de azúcares se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en las 2 temperaturas de almacenamiento (20°C y 2°C por 20 días y trasladados a 20°C). La aplicación de 1-MCP y cera fueron los que favorecieron el contenido de sacarosa. 11.49 mg de sacarosa/g de peso fresco a 18.83 para los frutos almacenados a 20°C y de 6.02 mg de sacarosa/g de peso fresco a 7.46 en los frutos almacenados a 2°C.

En el análisis de calidad, el tratamiento con 1-MCP fue el que mantuvo una mejor apariencia del fruto alcanzando valores solamente del 10 al 30% de marchitamiento, a diferencia del control, el cual alcanzó porcentajes mayores del 70%.

La aplicación de cera fue el mejor tratamiento para alargar la vida de anaquel y mantener una mejor calidad del melón cantaloupe. Sin embargo, también se observó que la aplicación de 1-MCP es efectiva y que se debe aplicar a un fruto altamente sensible y productor de etileno para ver efectos más claros del producto.

RECOMENDACIONES

Continuar el estudio de los efectos de la aplicación de cera comestible para conservar la calidad en la vida de anaquel del melón.

Estudiar los cambios composicionales en la pared celular provocado por el uso de cera comestible.

Correlacionar los cambios en la producción de volátiles por medio de estudios cromatográficos y sensoriales.

BIBLIOGRAFÍA

- Abda, J. B. and Jávega, J. M. 1999. Efecto de recubrimientos céreos sobre la calidad de mandarina cv. 'Fortune' en la comercialización directa y frigoconservación. *Rev. Iber. de Tecnología Postcosecha*. Vol 1(2): 142-149.
- Abdi, N.; McGlasson, W. B.; Holdord, P.; Williams, M. and Mizrahi, Y. 1998. Responses of climateric and suppressed-climateric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Technol.* 14: 29-39.
- A. O. A. C. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist 1998. Washington, D. C. U.S.A.
- Aykrod, W. R.; Patwardhan, V. N. and S. Ranganathan. 1951. The nutritive value of Indian Foods and planning of satisfactory diet, *Health Bull.* 23. Pp. 1-79.
- Azcón, B. y Talón, M. 2000. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, Mc. Graw-Hill Interamericana. Pp. 361-366.
- Báez, S. R.; Mendoza, A.M.; Bringas, T. E. y Mercado, J. N. 1994. Efecto de un absorbedor de Etileno sobre la vida postcosecha del tomate. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Departamento de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal. Reporte Anual de 1993. Volumen II. Pp.7.

- Báez-Sañudo, R.; Saucedo, V.C.; Pérez, R.B.; Bringas, T.E. y Mendoza, W.A. 2002. Efecto de la aplicación de cera comestible y agua caliente en la conservación del melón reticulado. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol.25(4): 375-379.
- Baldwin, E. A.; Burns, J. K.; Kazokas, W.; Brecht, J. K.; Hagenmaier, R. D.; Bender, R. J. and Pesis, E. 1999. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera indica* L.) ripening during storage. *Postharvest Biology and Technology*. 17:215-226.
- Baldwin, E.A.; Scott, J. W. and Schuch, W. 2000. Flavor trivia and tomato aroma: biochemistry and possible mechanisms for control of important aroma components. *HortScience*. 35:1013-1022.
- Ben Amor, A.; Floires, B.; Latche, A.; Bouzayen, M.; Pech, J. C. and Romajaro, F. 1999. Inhibition of ethylene biosynthesis by antisense ACC oxidase RNA prevents chilling injury in Charentais cantaloupe melons. *Plant, Cell and Environment*. 22: 1579-1586.
- Blankenship, S. 2001. Ethylene effects and the benefits of 1-MCP. *Perishable Handling Quarterly*, Nov. Issue No. 108. Postharvest Technology Research and Information Center, University of California, Davis.
- Blankenship, S. and Dole, J. M. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology*. 20: 1-25.
- Bleecker, A. B. And Schaller, G. E. 1996. The mechanism of ethylene perception. *Plant Physiol*. 111: 653-660.

- Bourne, M. 1980. Texture evaluation of horticultural crops. HortScience 15(1):7.
- Burg, P. S. And Burg, E. A. 1967. Molecular requeriments for the biological activity of ethylene. Plant physiol. 42: 144-152.
- Cameron, A. C. and Reid, 1981. The use of silver thiosulfate anionic complex as a foliar spray to prevent flower abscission in zygotocactus. HortScience. 16:167-174.
- Cameron, A. C. and Reid, S. 2001. 1-MCP blocks ethylene-induced petal abscission of *Pelargonium peltatum* but the effect is transient. Postharves Biol. & Tech. 22:169-177.
- Cantwell, M. 1998. Manejo postcosecha del melón para garantizar una alta calidad. Hortalizas, frutas, y flores. Junio 3. pp.25-26.
- Censi, S. S.; Soares, G. A.; Souza, M. L. y Moura, M. L. 1999. Efecto de la aplicación del absorbedor de etileno KmnO_4 en las características de calidad y conservación de la papaya Cv Sunrise. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 1(2):150-155.
- Código de Regulaciones Federales. 1999. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica, Washington, D.C.
- Cohen, R. A. and Hicks, J. R. 1986. Effect pf storage on quality and sugars in muskmelon. J. Amer. Soc, Hort. Sci. 111(4): 553-557.
- Díaz-Pérez, J. C. and E. Araiza. 1997. "Changes in traspiration rates and skin permeance as affected by storage and stage tomato fruit ripeness", 7th

International Controlled Atmosphere Research Conference, July 13-18.
University of California Davis, USA.

Dong, L.; Lurie, S. and Zhou, H. W. 2002. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of 'Canino' apricots and 'Royal Zee' plums. *Postharvest Biology and Technology*. 24: 135-145.

Fahn, A. 1982. *Plant Anatomy*. Third edition. Pergamon press. U.S.A. p. 358-372.

Fan, X. And Mattheis, J.P. 2000. Yellowing of broccoli in storage is reduced by 1-methylcyclopropene. *HortScience*. 35:885-887.

Fan, X. and Mattheis, J.P. 2001. 1-Methylcyclopropene and storage temperature influence responses of 'Gala' apple fruit to gamma irradiation. *Postharvest Biology and Technology*. 23:143-151.

Feng, X.; Apelbaum, A.; Sisler, E. C. and Goren, R. 2000. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology*. 20: 143-150.

Flores , F.; El Yahyaoui, F.; Billerbeck, G.; Romojaro, F., Latche, A., Bouzayen, M., Pech, J. C. and Ambid, C. 2002. Role of ethylene in the biosynthetic pathway of aliphatic ester aroma volatiles in Charentais Cantaloupe melons. *J. Exp. Bot.* 53: 201-206.

Graca, B. M., Cebola, L. F. and Pinto, M. 2000. Physicochemical characterization of the postharvest senescence of the winter melon 'Tendral'. *Fruits*. Vol. 56(1)51-58.

- Gross, K. C. and Sams, C. E. 1984. Changes in cell wall neutral sugar composition during fruit ripening: A species survey. *Phytochemistry*, 23, 2457-2461.
- Guis, M.; Roustan, J. P.; Dogimont, C.; Pitrat, M. Pech, J. C. 1998. Melon Biotechnology. *Biotechnol. Genet. Eng. Rev.* 15: 289-311.
- Hagenmaier, R. D. and Baker R. A. 1993. Reduction in gas exchange of citrus fruit by wax coating. *J. Agric. Food. Chem.* 41: 283-287.
- Hardenburg, R.; Watada, A. E. and Wang, Ch. Y. 1990. Commercial storage of fruits, vegetables, florist and nursery stocks. p. 6.
- Hernández, A. M. 2003. Control de la maduración en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) mediante el uso de etileno y 1-MCP. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Unidad Culiacán.
- Hubbard, N. L.M. and Pharr, M.D. 1990. Sucrose metabolism in ripening muskmelon fruit as affected by leaf area. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(5):798-802.
- Jeong, J.; Huber, D. J.; and argent S. A. 2002. Delay of abocado (*Persea americana*) fruit ripening by 1-methylcyclopropene and wax treatments. *Postharvest Biology and Technology*. 00(1):1-11. Article in press.
- Kader, A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. Third edition. University of California. Agriculture and Natural Resources. P. 3311. p. 535.

- Lester, G. E. and Dunlap, J. R. 1986. Relationship of netted musckmelon fruit water loss to postharvest storage life. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111(5):727-731.
- Martínez-Madrid, C.; Martínez; Pretel, T.M.; Serrano, M. and Romojaro, F. 1999. Role of ethylene and abscisic acid in physicochemical modifications during melon ripening. *J. Agric. Food Chem.* 47: 5285-5290.
- McCollum, T. G., Huber, D. J. and Cantliffe, D. J. 1989. Modification of polyuronides and hemicelluloses during muskmelon fruit softening. *Physiol Plant.* 76, 303-308.
- Mendoza, A. M.; Bringas, E.; González, G.; Ojeda, A. J.; Saucedo, C. y Báez, R. 2001. Aplicación de mezclas cerosas en melón cantaloupe y sus efectos en la fisiología del fruto. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha.* Vol 4(1): 83-89.
- Minolta Co. Ltd. 1994. *Precise Color Communication. Color control for feeling to instrumentation.* Osaka, Japan. p. 18.
- Musmade, A.M. and Desai, B. 1998. *Handbook of Vegetables Science and Technology: Production, Composition, Storage and Processing.* Edit. Sallunke, D. y Kadam. S.S. Marcel Dekker, Inc. USA.
- Nazir, A. M.; Curel, E.; Khan, N.; Whitaker, M. and Randolph, M. B. 2001. Harvest maturity, storage temperature, and 1-MCP application frequency alter firmness retention and chorophyl fluouescence of 'Redchief Delicious' apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126(5): 618-624.

- Oetiker, J. H. and Yang, S.F. 1995. The role of ethylene in fruit ripening. *Acta Horticulturae* 398: 167-179.
- Park, H. J. 1999. Development of advanced edible coatings for fruits. *Food Science & Technology*. 10: 254-260.
- Peralta, E. 2000. Elaboración de un envase activo para extender la vida de almacenamiento de melón cantaloupe 'copa de oro'. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. p.10-15. Hermosillo, Sonora.
- Reid, M. S. 1994. Biology of ethylene production & action En: Kader, A. "Management of fruit ripening". *Postharvest Horticulture Series No. 9*. Dec. 1994. Postharvest Outreach Program. Department of Pomology, University of California. Davis.
- Rodríguez, Z. y Manzano J. E. 1998. Efecto de la temperatura de almacenamiento y de una atmósfera conteniendo 5,1 % CO₂ sobre atributos físico – químicos del melón (*Cucumis melo L.*) híbrido durango. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 43: 386-390.
- Rojas, M. 1993. Control hormonal de desarrollo de las plantas. Ed. Limusa. Pp. 35-37.
- Román, M.F. y Gutiérrez, C. M. 1998. Evaluación de ácidos carboxílicos y nitrato de calcio para incrementar calidad, cantidad y vida de anaquel en tres tipos de melón. Instituto Tecnológico de Sonora. Tesis de Maestría.

- Roth, Y. 1977. Fruit of Angiosperms. Gebruder Borntraeger, Berlin. No. 174. p. 66-69.
- Rushing, J. y Dinamarca, A. 2000. "El manejo del etileno", Productores de Hortalizas. Feb. Pp. 48-49.
- Saltveit, M. E. and Sharaf, A. R. 1992. Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripeness without affecting subsequent quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117 (5):793-798.
- Sánchez, A.; Mercado, J. N.; Bringas, E.; Ojeda, J. y Báez, S. R. 1996. Determinación de variables indicadoras de maduración en frutos de melón reticulado. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 40: 263-269.
- Sánchez -Robles, J.R.; Ochoa, B. R.; Rodríguez, C. F.; Roque, Z. J.; Ortega, R. C.; Palacios, F. H.; Carrillo, T. A., 1999. El melón mexicano; ejemplo de tecnología aplicada. Abriendo Zurcos. p.1-35.
- Selvarajah, S.; Bauchot, A. D. and Jhon, P. 2001. Internal browning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. Postharvest Biology and Technology. 23: 167-170.
- Sherman, E. C. 1985. Control of ethylene in the postharvest environment. HortScience. 20(1): 57-60.
- SIAP, 2003. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. Confirmación de las delegaciones de la SAGARPA en los estados. www.siea.sagarpa.gob.mx/indexaunc.2html.

- Simandjuntak, V., Barrett, D. M. and Weolstad, R. E. 1996. Cultivar and maturity effects on muskmelon (*Cucumis melo*) colour, texture and cell wall polysaccharide composition. *J. Sci. Food Agric.* 71, 282-290.
- Sisler, E. C. and Pian, A. 1973. Effect of ethylene and cyclic olefins on tobacco leaves. *Tob. Sci.* 17: 698-72.
- Sisler, E. C. and Serek, M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at level of receptors: recent developments. *Physiol Plant.* 100: 577-582.
- Sisler, E. C. and Serek, M. 1999. Compounds controlling the ethylene receptor. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 40: 1-7.
- Smith, J. S.; Villalobos, M. C. and Kottemann, C. M. 1986. Quantitative determination of sugars in various food products. *Journal of food science.* Vol. 51. No. 5:1373-145.
- Suslow, T. V.; Cantwell, M. and Mitchell, J. 2000. Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA.
- Stéphane, G.; Gontard, N. and Gorris, G. M. 1996. Prolongation of shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. *Academy press limited.* 606: 10-17.
- Troncoso-Rojas, R.; Sánchez, E. A.; Bringas, T. E.; Ojeda, C. J. y Báez, S. R. 1999. Comportamiento postcosecha de melón cantaloupe tratado con cera, película plástica y almacenamiento refrigerado. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha.* 1(2):186-192.

- Wang, Y., Wyllie, S. G. and Leach, D. N. 1996. Chemical changes during the development and ripening of cucumis melo (cv. Makdimon). *J. Agric. Food Chem.* 44, 210-216.
- Willis, R.; McGlasson, B.; Graham, D. and Joyce, D. 1998. Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Ed. ACRIBIA. España.
- Velázquez, C. G.; Polo, M. O.; Martínez P. R. y Robles C. M. 1998. Efecto de la temperatura, humedad relativa y tipo de recubrimiento sobre la respiración de la guayaba. *Vol.2(2):54-59.*
- Willis, R.; McGlasson, B.; Graham, D. and Joyce, D. 1998. *Postharvest of Fruits, Vegetables and Hornamentals.* 4th ed. Rab International. p.45-75.
- Yahyaoui, E. F.; Chalermchai, W. A.M; Latché, A.; Hackett, R.; Grierson, D. and Pecha, J. C. 2002. Molecular and biochemical characteristics of a gene encoding an alcohol acyl-transferase involved in the generation of aroma volatile esters during melon ripening. *Eur. J. Biochem.* 269, 2359,2366.
- Yang., S. F. 1995. The role of ethylene in fruit ripening. *Acta Horticulturae.* Vol. 398: 167.178.
- Yang., S. F. 1980. Regulation of ethylene biosíntesis. *HortScience.* Vol. 15(3): 238-243
- Zambrano, J.; Briceño, S.; Méndez, C.; Manzano, J. y Castellanos, E. 2002. Cambios en la maduración de frutos de mango cubiertos con ceras, durante el almacenamiento. *Agronomía Tropical.* 47(1):5-15.