

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**APLICACIÓN DE HIDROENFRIAMIENTO Y UNA CUBIERTA DE
POLÍMERO AL MELÓN CANTALOUPE PARA DISMINUIR SU TASA DE
RESPIRACIÓN Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA.**

Por

JORGE ARMANDO MEZA VELÁZQUEZ

Como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS CON ACENTUACION EN ALIMENTOS

2013

**APLICACIÓN DE HIDROENFRIAMIENTO Y UNA CUBIERTA DE
POLÍMERO AL MELÓN CANTALOUPE PARA DISMINUIR SU TASA DE
RESPIRACIÓN Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA**

Comité de tesis

Dra. María Guadalupe de Jesús Alanis Guzmán

Director de Tesis

Dr. Juan Gabriel Báez González

Secretario

Dr. Carlos Leonel García Díaz

Vocal

Dra. Ma. Adriana Núñez González

Vocal

Dr. Juan Ramón Esparza Rivera

Vocal

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi agradecimiento a todas las personas que de alguna manera u otra me apoyaron para la realización de este trabajo: Asesores, colaboradores, auxiliares de laboratorio y mis alumnos; mil gracias.

Asi mismo agradezco al CONACYT y al COCYTED por el apoyo económico para llevar a cabo mis estudios y el proyecto de investigación. También al Grupo BEBO S.A. de C.V. por donar el melón.

Agradezco a mi familia por la paciencia que siempre me tuvieron.

DEDICATORIA

A mis hijos:

Wendy Elizabeth

y

Jorge Armando

A mi Mamá:

Elisa Velázquez, porque siempre me hizo sentir que fui su orgullo

TABLA DE CONTENIDO

Sección	Página
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
NOMENCLATURA.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Planteamiento del problema y justificación.....	17
2. HIPÓTESIS.....	19
3. OBJETIVOS.....	20
3.1. Objetivo general.....	20
3.2. Objetivos particulares.....	20
4. ANTECEDENTES.....	22
4.1. Melón.....	22
4.1.1. Composición del fruto.....	23

4.1.2. Consumo y producción de melón.....	25
4.2. Fisiología de frutas.....	25
4.2.1. La maduración de vegetales.....	26
4.2.2. La respiración de vegetales.....	27
4.2.3. El etileno en vegetales.....	28
4.2.3. La senescencia de los vegetales.....	30
4.2.4. Metabolismo de frutas y hortalizas.....	31
4.3 Efectos de la maduración en las propiedades físicas y químicas de las frutas y hortalizas.....	32
4.3.1. Efectos sobre los ácidos orgánicos.....	32
4.3.2. Efectos sobre la textura.....	33
4.3.3. Efecto sobre componentes aromáticos.....	34
4.3.4. El etileno y su papel en la maduración de las frutas y vegetales.....	35
4.4. Manejo postcosecha del melón.....	38
4.4.1. La cosecha.....	38
4.4.2. Empaque.....	39
4.4.3. Almacenamiento.....	40
4.5. Métodos de conservación del melón fresco.....	41
4.5.1. Preenfriamiento de frutas y vegetales.....	42
4.5.2. Almacenamiento en atmósferas controladas (AC).....	43
4.5.3. Almacenamiento en atmósferas modificadas (MAP).....	44
4.5.4. Uso de cubiertas a base de polímeros.....	45
4.5.5. Modificación Genética.....	45
4.6. La refrigeración de frutas y hortalizas y los daños por frío.....	46
4.7. Cubiertas poliméricas de uso en productos hortícolas.....	50
4.7.1. Tipos de cubiertas o películas.....	52
4.7.2. Cubiertas y películas a base de polisacáridos.....	52
4.7.3. Cubiertas a base de proteínas.....	52
4.7.4. Películas y cubiertas a base de lípidos.....	53

4.7.5. Ventajas del uso de películas y cubiertas.....	53
4.7.6. Desventajas del uso de películas y cubiertas.....	54
4.7.7. Efecto de películas y cubiertas sobre las propiedades físicoquímicas, sensoriales, calidad fisiológica y vida de anaquel de frutas y vegetales.....	55
4.8. La hidroxipropilmetilcelulosa como Cubierta en frutas y hortalizas.....	56
5. MÉTODOS.....	59
5.1. Materiales.....	59
5.2. Preparación de la película.....	59
5.3. Tratamientos.....	60
5.4. Determinación de CO ₂ , relación de CO ₂ /O ₂ y etileno.....	60
5.5. Análisis de textura.....	61
5.6. Determinación del índice de daños por frío (IDF).....	62
5.7. Cuantificación de la pérdida de peso.....	63
5.8. Determinación de acidez.....	63
5.9. Análisis de sólidos solubles.....	63
5.10. Análisis de compuestos aromáticos.....	64
5.11. Determinación de la actividad de lipasa y pectinmetilesterasa...	64
5.11.1. Preparación de la muestra.....	64
5.11.2. Actividad de lipasa.....	65
5.11.3. Actividad de la pectinmetilesterasa.....	65
5.12. Diseño de experimentos y análisis estadístico.....	66
6. RESULTADOS.....	67
6.1. CO ₂ , CO ₂ /O ₂ y etileno.....	67
6.2. Textura.....	68

6.3. Acidez y sólidos solubles.....	75
6.4. Índice de daño por frío.....	75
6.5. Pérdida de peso.....	82
6.6. Actividad de la lipasa y pectinmetilesterasa.....	82
6.7. Compuestos aromáticos del melón.....	87
7. DISCUSION.....	94
7.1. CO ₂ , CO ₂ /O ₂ y etileno.....	94
7.2. Textura.....	97
7.3. Acidez y sólidos solubles.....	98
7.4. Índice de daño por frío.....	99
7.5. Pérdida de peso.....	100
7.6. Actividad de la lipasa y pectinmetilesterasa.....	101
7.7. Compuestos aromáticos.....	102
8. Conclusiones y recomendaciones.....	105
9. Literatura citada.....	106

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Clasificación de productos hortofrutícolas de acuerdo a su tasa de respiración..	28
2. Clasificación de productos hortofrutícolas de acuerdo a su tasa de producción de etileno.....	29
3. Rutas metabólicas dependientes e independientes de etileno.....	37
4. Resultados de la media de la emisión de CO ₂ (mL) del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento.....	69
5. Resultados de la media de CO ₂ interno (ppm) del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento.....	70
6. Resultados de la media de la relación CO ₂ /O ₂ del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento.....	72
7. Resultados de la media de la concentración de etileno interno del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento.....	73
8. Resultados de la media de firmeza (N) externa del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento.....	76
9. Resultados de la media de firmeza (N) interna del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento.....	77

10. Resultados de la aplicación de hidrogenfriamiento y películas polimétricas sobre la acidez de melón (ml de NaOH).....	79
11. Resultados de la media de los Índices de daños por frío del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento.....	80
12. Pérdida de peso (g), promedio y total, de melones experimentales a diferentes tiempos de almacenamiento en refrigeración.....	83
13. Resultados de la media de la actividad de la lipasa (medida como la pendiente) del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento.....	84
14. Resultados de la media de la concentración de etilbutirato (ppm) en melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento.....	89
15. Resultados de la media de la concentración de etilcaproato (ppm) en melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento.....	91
16. Resultados de la media de la concentración de butilacetato (ppm) en melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento.....	93

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Gráfica de resultados de la media de relación de CO ₂ /O ₂ de melones tratados con cubiertas e hidrogenfriamiento en diferentes tiempos de almacenamiento en frío.....	71
2. Concentración de etileno en el interior de melones sin tratamiento (CONTROL), hidrogenfriados (HIDRO), con cubierta (PEL) e hidrogenfriados con cubierta (HIPEL) en diferentes tiempo de almacenamiento en frío.....	74
3. Gráfica de resultados de la media de firmeza interna (N) de melones tratados con cubiertas e hidrogenfriamiento en diferentes tiempos de almacenamiento en frío.....	78
4. Índice de daños por frío de melones sin tratamiento(CONTROL), hidrogenfriados (HIDRO), con cubierta(PEL) e hidrogenfriados con cubierta (HIPEL) en diferentes tiempos de almacenamiento en frío.....	81
5. Resultados de la media de la actividad de la lipasa (medida como la pendiente de la recta) de melones tratados con cubiertas e hidrogenfriamiento en diferentes tiempos de almacenamiento en frío.....	85
6. Grafica de resultados de la actividad de la pectinmetilesterasa de melones sin tratamiento (CONTROL), hidrogenfriados (HIDRO), con cubierta (PEL) e hidrogenfriados con cubierta (HIPEL) en diferentes tiempo de almacenamiento en frío.....	86

7. Concentración (ppm) de etilbutirato en melones tratados con cubiertas e hidrogenfrío en diferentes tiempos de almacenamiento en frío.....	88
8. Resultados de la concentración de etilcaproato (ppm) de melones tratados con cubiertas e hidrogenfrío en diferentes tiempos de almacenamiento en frío.....	90
9. Gráfica de resultados de la media de la concentración de Butilacetato (ppm) de melones tratados con cubiertas e hidrogenfrío en diferentes tiempos de almacenamiento en frío.....	92

NOMENCLATURA

°C	Grados centígrados
°F	Grados Farenhait
g	Gramos
G	Gravedades
h	Hora
Kg	Kilogramos
L	Litros
M	Molar
mg	Miligramos
min	Minutos
mL	Mililitros
mm	Milímetros
mM	Milimolar
mPa	Milipascales
N	Newtons
nm	Nanómetros
ppm	Parte por millón
rpm	Revoluciones por minuto
s	Segundos

RESUMEN

El melón Cantaloupe es un fruto de consumo popular con problemas de comercialización debido a su reducida vida de anaquel. Para alargar este periodo se evaluó el efecto del hidrogenfiamiento (HIDRO), de una película comestible a base de hidroxipropilmetilcelulosa y parafina (PEL) y de la combinación de ambos (HIPEL) sobre la pérdida de peso (PP), textura, índice de daño por frío (IDF), acidez titulable (AT), sólidos solubles (SS) y la producción (al exterior) de CO₂ y etileno, la concentración de CO₂, O₂ y etileno en el interior del fruto, la actividad de la pectinmetilesterasa y lipasa; así como la concentración de compuestos volátiles del melón. Después de los tratamientos los frutos se almacenaron (8 °C, 20 días) y evaluaron (días 0, 4, 8, 12, 16 y 20). Los frutos de PEL tuvieron menor (P< 0.05) PP, AT e IDF, y mayores valores (P< 0.05) de textura, CO₂ y etileno interno, así como mayor actividad de lipasa y compuestos volátiles que los controles e HIDRO. Los SS, la producción de CO₂ y etileno no tuvieron diferencia (P>0.05) entre ninguno de los tratamientos. El hidrogenfiamiento no tuvo efecto sobre las variables medidas (P>0.05). Las muestras de HIPEL tuvieron un comportamiento similar a las de PEL (P>0.05). Los resultados sugieren que la aplicación de cubiertas de hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) con parafina puede aumentar la vida de anaquel de melón Cantaloupe almacenado a temperaturas de refrigeración.

Palabras claves: Melón. hidroxipropilmetilcelulosa, hidrogenfiamiento, cubiertas comestibles.

ABSTRACT

The melon has a high consumption level of in its fresh form, but because it has to be harvested in a mature state, its storage time is short. To increase this period, it was evaluated the effect of hydrocooling (HIDRO), the application of an edible coating based on hydroxypropylmethyl-cellulose-paraffin (PEL) and hydrocooling and coating combined (HIPEL) over weight loss (WL), chilling injury (CI), instrumental texture (external and internal), titratable acidity (TA), soluble solids (SS) and CO₂ and ethylene production; CO₂, O₂ and ethylene internal concentration of melon, lipase and pectinmethylesterase activity and volatile concentration. Experimental samples were stored for a period of 20 days at 8 °C and were analyzed at 0, 4, 8, 12, 16 and 20 days. The PEL fruits had lower ($p<0.05$) TA, WL, CI and O₂, but higher values ($p<0.05$) in texture and internal CO₂ and ethylene, lipase activity and volatile concentration than the control and HIDRO. The SS, CO₂ and ethylene production had no significant difference ($p>0.05$) between treatments. There was no significant difference with the application of hydrocooling over the measured variables and the HIPEL samples had similar values to PEL samples ($p>0.05$). Obtained results suggest that the application of sodium-Hydroxypropylmethyl-cellulose (HPMC) with paraffin films may extend shelf life of stored entire Cantaloupe melon in refrigeration.

Keywords: Melon, Hydroxypropylmethyl-cellulose, hydrocooling, edible coating

1. INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que la maduración y deterioro de la calidad sensorial de frutas y vegetales durante su etapa de almacenamiento son causadas por la continuación poscosecha de procesos metabólicos de los productos vegetales, tales como su respiración (Saltveit, 2004). En general, la vida de anaquel de los productos vegetales está inversamente relacionada con su tasa o ritmo respiratorio (Saltveit, 2004). Además, algunos casos de cambios texturales en frutas y vegetales son asociados con la deshidratación del producto, debido a una reducción de la presión de turgencia en las células, así como a la degradación de paredes celulares (Alzamora *et al.*, 2000). Entonces, es necesario la implementación de medidas preventivas que ayuden a mantener la calidad sensorial del melón Cantaloupe, y por ende extender su vida de anaquel.

Uno de los factores más importantes que afectan la velocidad de respiración de los productos vegetales es la temperatura, la cual afecta la velocidad de reacciones químicas y enzimáticas, y consecuentemente su ritmo respiratorio (Bolin and Huxsoll, 1991; Saltveit, 2004). De acuerdo con Ferreira *et al.* (1994) el enfriamiento de los productos vegetales retarda su respiración, maduración, envejecimiento y deshidratación. Entonces es esencial para la conservación de productos vegetales minimamente procesadas, como el melón Cantaloupe, que la temperatura interna del producto sea reducida rápidamente después de su cosecha (pre-enfriamiento), así como que la fruta sea almacenada a bajas temperaturas para asegurar el mantenimiento de importantes atributos sensoriales de esta fruta, tales como sabor, olor, color, textura y apariencia (Bolin and Huxsoll, 1991, Suslow *et al.*, 2002).

Algunos de los métodos utilizados para pre-enfriar productos vegetales previamente a su almacenamiento son el enfriamiento mediante aire forzado y el hidrogenfriamiento o *hydrocooling* (Thompson, 2004) usando agua fría.

Otro método para extender la vida de anaquel y conservar las propiedades sensoriales de frutas y vegetales es aplicándoles una capa delgada superficial de un polímero (Pérez-Gago *et al.*, 2002). Esta capa provee de una barrera a la humedad (transpiración), a la transferencia de masa (Krochta and De Mulder-Johnston, 1997), y a los gases (oxígeno y CO₂), lo cual trae como consecuencia una disminución en su tasa respiratoria y una menor deshidratación.

Si la tasa de respiración y la actividad enzimática del melón se disminuye a niveles tales que los cambios de textura, color, olor y sabor sean retardados a un periodo en el cual se pueda tener un mayor tiempo de mercadeo del fruto, esto tendría como consecuencia menores pérdidas poscosecha, facilitaría la comercialización y ampliaría los mercados de los productores de melón obteniéndose beneficios tanto locales como nacionales.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

El melón Cantalupo o Cantaloupe (*Cucumis melo L. var. reticulatis*) es uno de los cultivos de mayor importancia en la Región Lagunera. De hecho, el melón Cantaloupe es el cultivo más importante como fruto en esta región, donde se siembran anualmente alrededor de 5,000 hectáreas, con una producción anual promedio de poco más de 80,000 toneladas desde 1980 al 2003 (Espinoza *et al.*, 2005). Sin embargo el melón, que es una fruta que recibe un procesamiento poscosecha mínimo (almacenamiento en frío), tiene una vida de anaquel relativamente corta, la cual puede ser de 10 a 15 días en condiciones experimentales (Bachmann and Earles, 2000; Suslow *et al.*, 2002). Los problemas que limitan la vida de anaquel del melón son principalmente cambios atribuidos a la maduración de la fruta, como pueden ser cambios texturales (pérdida de firmeza o ablandamiento), así como producción de olores y sabores desagradables.

Este problema (corta vida de anaquel del melón) afecta a los productores de melón, ya que trae como consecuencia un limitado tiempo para la comercialización del producto, resultando esto en deterioro de considerables cantidades de melón, con las consecuentes pérdidas económicas para los productores.

Una forma de alargar esta vida de anaquel es por medio de la aplicación de un tratamiento que permita una rápida extracción del calor contenido en el fruto y/o usando películas sobre la superficie del fruto que disminuyan su tasa de respiración.

Hasta el momento no se han hecho estudios de los efectos del almacenamiento en frío del melón Lagunero, mucho menos pruebas de aplicación de tratamientos, diferentes al frío, para alargar la vida de anaquel del mismo.

Las consecuencias de la aplicación de hidroenfriamiento combinado con el uso de una película que recubra la superficie de algún fruto u hortaliza, hasta el momento, no se han reportado. Determinar cuales serán los efectos que tendrán estos tratamientos sobre las principales propiedades fisicoquímicas y sensoriales, así como, sobre el metabolismo del melón, podría complementar los estudios realizados sobre este fruto en particular.

El uso de estas tecnología podría ampliar el periodo en que el melón se encuentra en optimas condiciones de comercialización, por lo que, tanto productores como comercializadores tendrían un gran beneficio. Además, uno de los principales problemas en la exportación de este tipo de frutos es su corta vida de anaquel; si se logra aumentar este tiempo, con estos tratamientos propuestos, se prolongaría de tal manera esta vida de anaquel que el exportador y el comercializador tendrían un mayor tiempo para colocar este producto en los mercados internacionales.

2. HIPOTESIS

La aplicación de hidroenfriamiento y una cubierta a base de HPMC-parafina sobre la superficie del melón fresco influye en la tasa respiratoria y en las concentraciones de gases internos (CO₂, O₂ y etileno) del mismo, a tal grado de producir una atmósfera modificada en el melón, que a su vez afectará a sus propiedades físicas (textura y daños por frío), químicas (acidez y compuestos aromáticos) y actividad enzimática.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del hidrogenfriamiento y una cubierta a base de un polímero en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales, la tasa de respiración y actividad metabólica del melón Cantaloupe almacenado en frío.

3.2. Objetivos particulares

- 3.1.1 Evaluar el efecto del hidrogenfriamiento y una capa superficial en el melón a base de un polímero sobre los atributos sensoriales (color y textura) del melón almacenado en frío.
- 3.1.2 Medir la tasa de respiración y la producción de etileno del melón tratado, y no tratado, con hidrogenfriamiento y una capa en la superficie del melón a base de un polímero (cubierta polimérica) a diferentes tiempos de almacenamiento en frío.
- 3.2.1. Determinar el efecto del hidrogenfriamiento y la cubierta sobre la actividad de la lipasa y la pectinmetilesterasa en el melón cantaloupe en diferentes tiempos de almacenamiento en frío.
- 3.2.2. Analizar los cambios, de presencia y concentración, de los compuestos volátiles del melón que tienen una relación directa con el olor y el sabor característico del mismo, ocasionados por la

aplicación de hidrogenfriamiento y una cubierta a base de un polímero a diferentes tiempos de almacenamiento en frío.

- 3.2.3. Determinar la correlación entre los cambios texturales y la actividad de la pectinmetilesterasa (PME).
- 3.2.4. Determinar la correlación entre el contenido y presencia de algunos compuesto volátiles con la actividad de la lipasa del melón.

4. ANTECEDENTES

4.1. MELON

Distintas fuentes bibliográficas indican que el origen del melón no se conoce con exactitud, aunque se han encontrado variedades en África subtropical y tropical, presumiendo que ésta ha sido la zona de origen de la especie.

En México se cultiva una gran cantidad de variedades de melón. Esta fruta ocupa un promedio de superficie a nivel nacional de 30,000 hectáreas, siendo los principales estados productores: Coahuila, Durango (Comarca Lagunera), Michoacán, Colima, Guerrero y Sonora (Espinoza *et al.*, 2005).

El melón (*Cucumis melo*) es una planta herbácea monoica de tallos rastreros. Se cultiva por su fruto, una baya de temporada veraniega con un gran contenido de agua y de sabor dulce. La planta posee tallos blandos y pilosos que crecen a ras de suelo. Sus hojas tienen pecíolo acanalado y son palmadas, es decir, su aspecto es semejante al de una mano. Las flores son amarillas y cada una tiene un solo sexo (Pitrat, 2008).

La forma del fruto va desde esférica hasta elipsoidal. En los llamados melones plátano existen ondulaciones que los hacen parecer una calabaza. Su tamaño es dependiente de la variedad y de las condiciones de cultivo. De este modo, hay melones pequeños que pesan alrededor de 400 g y otros muy grandes que pueden pesar 20 kg o más. En las variedades más usadas, habitualmente los pesos fluctúan entre más de medio kilo y menos de cinco. El color de la epidermis y de la pulpa es variable según el grupo. La epidermis puede ser blanca, gris, verdosa o amarilla y de textura lisa, rugosa o reticulada. La pulpa es aromática, con textura suave y diferentes colores: amarillo, verde, rosado y tonos intermedios. En el centro hay cavidad que contiene muchas semillas recubiertas de una sustancia pegajosa (Espinoza *et al.*, 2005).

Se distinguen varios tipos, con múltiples variedades dentro de cada tipo, que difieren en su aspecto, sus propiedades y su modo de cultivo. Los tipos más cultivados son los de melón charentais, cantalupo, cantalupo italiano, western shipper, eartern shipper, amarillo, piel de sapo, honey dew, tendral, ananas, galia, crenshaw y earl japonés (Pitrat, 2008).

Los melones Cantaloupe se clasifican botánicamente como *Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Naud. Este grupo botánico incluye también melones Honeydew, Crenshaw, Persian, Casaba y otros. Los Cantaloupes se cosechan por madurez. Idealmente, la madurez comercial corresponde al estado firme-maduro o "3/4 desprendido", que se identifica cuando al jalar la fruta suavemente, ésta se desprende de la planta. Los melones Cantaloupe maduran después de la cosecha, pero su contenido de azúcar no aumenta. El color externo de los frutos en estado "3/4 desprendido" varía entre cultivares, pudiendo caracterizarse por la presencia de tintes verdosos. El color de la piel en estos cultivares es típicamente gris a verde opaco cuando el fruto no tiene madurez comercial, verde oscuro uniforme en madurez comercial y amarillo claro en plena madurez de consumo (Fornaris, 2001).

Otro indicador de la madurez comercial apropiada, es la presencia de una red bien formada y realzada en la superficie de la fruta.

4.1.1. Composición del fruto

El melón es relativamente poco nutritivo ya que carece de proteínas y contiene muy pocos carbohidratos. La composición fisicoquímica aproximada del melón Cantaloupe, por cada 100 g, es de 89.8% de agua, 8.36% de carbohidratos (principalmente sacarosa), 0.28% de lípidos, 0.88% de proteínas y 0.71% de cenizas; variando un poco dependiendo de la variedad (Eitenmiller *et al.*, 1985). De acuerdo a Gebhardt *et al.*, (1982) el carbohidrato más importante, en los melones, es la sacarosa. Esta se acumula en los últimos 10-12 días antes de la cosecha. Por no contener almidón, si el fruto se cosecha temprano éste no será apropiadamente dulce. Los melones

Cantaloupe son buena fuente de vitamina A (5.57 mg/100 g como carotenos, entre ellos beta-caroteno, fitofluene y fitoene) (Khachik *et al.*, 1989), y de entre todas la variedades de melón, el cantaloupe es el de mayor contenido de vitamina C (42.2 mg/100 g) (Holland *et al.*, 1992). Tiene poco de tiamina, riboflavina, ácido nicotínico, ácido pantoténico y vitamina B₆. En cuanto a los minerales sus principales son el potasio, sodio, magnesio, fosforo y calcio, y menor proporción hierro (Pitrat, 2008)

Los principales tipos de ácidos orgánicos presentes en la mayoría de los frutos son: cítrico, málico, tartárico y ascórbico. Dependiendo del fruto será el tipo de ácido en mayor proporción, pero normalmente los dos primeros son los que se encuentran en mayor cantidad (Medlicott and Thompson, 1985). Junto con los carbohidratos (principalmente sacarosa) tienen un papel muy importante en el mantenimiento de la calidad y valor nutricional de las frutas (Glew *et al.*, 2003).

La cantidad de lípidos en frutas y hortalizas es muy bajas, éstos regularmente se encuentran conformando algunas estructuras de membranas celulares y aportan ácidos grasos, que al transformarse en compuestos de tipo ester, tienen influencia en el aroma, olor y sabor de los mismos (Lamikanra, 2001; Glew *et al.*, 2003). Así mismo, el melón posee una cantidad considerable de compuestos fenólicos, principalmente ácido gálico, catequina y epicatequina (Horax *et al.*, 2005) que le confieren propiedades antioxidante y, aparentemente, beneficios para la salud de los consumidores.

Una de las características por las cuales es sumamente apreciado el melón, y en especial el Cantaloupe, es por su aroma y sabor (Bianco and Pratt, 1977, citados por Beaulieu *et al.*, 2004; Flores *et al.*, 2002). Los componentes que le confieren esta propiedad son moléculas volátiles que son desprendidas del fruto. Por medio de técnicas de cromatografía de gases, se han determinado hasta 240 compuestos en este tipo de frutos (Kourkoutas *et al.*, 2006; Lamikanra and Richard, 2002). De éstos los que sobresalen son los ester (etil butanoato, etil caproato, 3-hexil 2-butanoato, etc.) y en menor medida derivados azufrados, aldehídos, alcoholes (como el alcohol benzílico) (Flores *et al.*, 2002; Ausbert *et al.*, 2005; Obando *et al.*, 2009).

4.1.2. Consumo y producción de melón

El melón es el cuarto fruto de mayor importancia en el mundo en términos de producción (28, 000,000 toneladas) (FAOSTAT Data, 2005), después de la naranja, plátano y uva (Aguayo *et al.*, 2004). Los principales productores de melón (*Cucumis melo* L.) son China, seguido de Turquía; Estados Unidos; Irán y España; ubicándose México en décimo lugar (FAO, 2000), con una producción de 534,438 toneladas (Sagarpa, 2005). Los consumidores han encontrado que el melón fresco es un alimento atractivo principalmente por su sabor muy característico. En países que importan esta fruta, alrededor del 40 % del consumo anual de melón fresco (13 Kg/per capita) se presenta durante el periodo de diciembre a mayo (Espinoza *et al.*, 2005); periodo en el cual se cosecha una gran cantidad de melón en territorio mexicano. En México se cultiva una gran variedad de melón tipo cantaloupe conocido también como rugoso, chino o reticulado. Los principales estados productores de melón a nivel nacional son: Michoacán; Durango, Coahuila y Chihuahua (Sagarpa, 2005)

La creciente tendencia hacia la globalización del comercio mundial ha estimulado un interés destacable en el desarrollo de sistemas de calidad y métodos de conservación más eficientes que prolonguen la vida de anaquel del fruto en estado fresco. Mientras esta tendencia se orienta para asegurar básicamente una mejor protección al consumidor, también ayudará a desarrollar una base más homogénea para el establecimiento de acuerdos comerciales entre los países y al mismo tiempo, mejorar la estructura internacional para resolver problemas de seguridad alimentaria y de comercialización del producto (Higuera-Ciapara and Noriega-Orozco, 2000).

4.2. FISIOLÓGÍA DE FRUTAS

Existen diversas revisiones sobre la fisiología de productos vegetales mínimamente procesados (Rolle and Chism, 1987; Watada *et.al.*, 1990; Brecht, 1995;

Watada *et.al.*, 1996). El principio fundamental que marca la calidad de los frutos mínimamente procesados es que son tejidos vivos, y como consecuencia, muestran respuestas fisiológicas a un procesamiento mínimo, también a la manipulación post-proceso y tratamientos y últimamente al empaque en el cual son encerrados. Además, la fisiología intrínseca y la calidad de la materia prima pueden tener influencia en la respuesta al procesamiento mínimo y al empacado. Los procesos fisiológicos conducen al tejido a la senescencia y la deterioración puede ser minimizada regulada a través de la implementación de un equilibrio aproximado involucrando propiamente la selección del cultivo, pre-cosecha, tratamientos pre y post-proceso, y la aplicación de un empaque apropiado que provee atmósferas óptimas.

4.2.1. La maduración de vegetales

La madurez al momento de cosecha es el factor más importante que determina la vida de almacenamiento y la calidad final de la fruta. Las frutas inmaduras son más propensas a la marchites por pérdida de agua y al daño mecánico, y resultan de calidad inferior cuando maduran (Dris and Jai, 2004). Por su parte, las frutas sobre-maduras se vuelven blandas, harinosas e insípidas casi inmediatamente después de la cosecha. Por tanto, cualquier fruta cosechada prematura o tardíamente es más susceptible a la incidencia de desórdenes fisiológicos y tiene una vida de almacenamiento más corta que la cosechada en madurez óptima (Reid, 2002). Los frutos de tomate, plátano (*Musa paradisiaca L.*), cítricos (*Citrus spp.*) y durazno (*Prunus pérsica L.*) toleran mejor las bajas temperaturas cuando son almacenados en estado de madurez de consumo (Pantástico, 1984). La maduración y senescencia pueden ser consideradas como fenómenos oxidativos, activados al inicio de la senescencia; así, la actividad SOD y de otras enzimas, como CAT disminuye y el superóxido o peróxido de hidrógeno, podrían acumularse hasta niveles tóxicos para las células, y desarrollar daños irreversibles en los tejidos (Masía, 1998). Por lo que, si al menos una de las enzimas está activa, existe la posibilidad de que los daños de la senescencia en los frutos se retarden. Con relación a

esto, experimentalmente se ha demostrado la conveniencia de cuantificar la actividad de algunas enzimas, como CAT y SOD, que catalizan las reacciones que disminuyen las concentraciones de las especies reactivas de oxígeno, que en el caso de los frutos de origen tropical y subtropical es incrementada por el frío, durante el almacenamiento (Lafuente and Sala, 2000; Aquino-Bolaños and Mercado-Silva and Cantwell, 1998; Baquero *et al.*, 2005).

4.2.2. La respiración de vegetales

Las frutas y hortalizas son organismos vivos y su tasa de respiración es de suma importancia en cuestiones de calidad. Ha sido comúnmente observado que una tasa de respiración elevada produce cortos tiempos de vida útil sobre el producto (Paul and Pandey, 2011). Productos inmaduros, como los chicharos y la soya, tienden a tener tasas respiratorias muy altas y vida de anaquel corta, mientras que en papas y cebollas ocurre lo contrario (Tabla 1).

La respiración es el proceso metabólico por el cual las células convierten la energía de un tipo de estructura química en otra que es mejor aprovechada por las células para conducir reacciones metabólicas. Bajo circunstancias normales, el producto fresco experimenta una respiración aeróbica, donde el oxígeno y la glucosa son consumidos produciendo dióxido de carbono, agua y calor (Kays, 1991). En tejidos no almacenados, por ejemplo cortes frondosos, como la lechuga o espinaca o cortes inmaduros como brócoli, hay muy pocas vías de reserva de energía y por lo tanto una excesiva respiración lo cual conduce un colapso en el metabolismo. Las membranas celulares sufrirían una ruptura permitiendo así una pérdida del contenido celular y pueden aparecer síntomas visibles del colapso celular y la degradación de la clorofila dando a los frutos tonalidades amarillentas causados por la senescencia. Sin una adecuada refrigeración, el calor de respiración más lejos de simular la respiración conduce al fruto a un rápido deterioro.

Tabla 1. Clasificación de productos hortofrutícolas de acuerdo a su tasa de respiración.

Clase	Rango 5°C (41°F) mg CO₂ Kg⁻¹ H⁻¹	Productos
Muy Baja	Menos de 5	Nueces, dátiles, frutas y hortalizas secas.
Baja	5-10	Manzana, cítricos, melón Honeydew, piña, papaya
Moderada	10-20	Chabacano, melón cantaloupe, mango, banana, cereza.
Alta	20-40	Fresa, zarzamora, frambuesa, coliflor
Muy Alta	40-60	Germinados, brocoli, cebollin, ejote
Extremadamente Alta	Más de 60	Espárragos, champiñón, perejil, maíz dulce, espinaca.

Fuente: Kader, 1993.

Ciertos tipos de frutas (climatéricas) pueden cosecharse inmaduros y madurarse artificialmente en un largo periodo (aguacates, plátanos, mangos, tomates). Durante la maduración, la respiración de estas frutas se incrementa dramáticamente en un periodo corto de tiempo (Biale, 1960; Paul *et al.*, 2012). Sin un adecuado control de temperatura, la fruta puede sobre-madurarse rápidamente y la senescencia conduciría a un daño dentro del tejido y producir compuestos volátiles característicos de un fruto sobre-madurado.

4.2.3. El etileno en vegetales

El etileno es una hormona de las plantas que desempeña un papel muy importante en la maduración y la senescencia de las frutas y hortalizas (Reid, 2002, Lelièvre *et. al.*, 1997). Este compuesto tiene un mayor efecto en la madurez de frutas climatéricas (Hoeberichts and Woltering, 2002 citado por Paul *et. al.*, 2012) activando vías metabólicas de procesos de la maduración. Todas las células vegetales producen

bajos niveles de etileno; sin embargo, algún tipo de estrés en los tejidos vegetales puede estimular la síntesis de etileno (Kader, 1993). Las agentes estresantes pueden incluir una excesiva pérdida de agua, daños físicos, o ataques de patógenos (Dris and Jai; 2004). Las frutas climatéricas producen altos niveles de etileno durante la iniciación de la maduración y la hormona estimula y coordina los cambios fisiológicos y bioquímicos que ocurren durante la maduración. La exposición a etileno exógeno puede conducir a una aceleración de la maduración y senescencia, por ejemplo, en vegetales verdes se degrada la clorofila muy rápidamente, los espárragos desarrollan fibras gruesas, una maduración prematura puede ocurrir en frutas inmaduras, y en coliflores y coles pueden perder sus hojas debido a una abscisión acelerada en las hojas.

Tabla 2. Clasificación de productos hortofrutícolas de acuerdo a su tasa de producción de etileno

Clase	Rango 20°C (68°F) $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ Kg}^{-1} \text{ H}^{-1}$	Productos
Muy Baja	<0.1	Fresas, tubérculos, papa, granada
Baja	0.1-1.0	Arándanos, pepino, aceituna, calabaza
Moderada	1.0-10.0	Plátano, mango, melón Honeydew, tomate
Alta	10.0-100.0	Manzana, chabacano, melón cantaloupe, aguacate, papaya
Extremadamente Alta	>100.0	Zapote mamey, chirimoya, granada china, sapotes

Fuente: Kader, 1993.

En la síntesis del etileno el aminoácido metionina es convertido a S-adenosinmetionina (SAM), el cual es el precursor de 1-aminociclopropano-1-acido carboxílico (ACC), que es el precursor inmediato del etileno. La ACC sintetasa la cual convierte el SAM a ACC, es el sitio principal de control de la biosíntesis del etileno. La conversión de ACC a etileno, es regulada por una enzima que forma el etileno (EFE o

ACC oxidasa). Esta enzima aun no ha sido identificada, pero se sabe que no es estable y se asume que está ligada a la membrana (Kader, 1993).

Generalmente la tasa de producción de etileno aumenta a medida que el producto se acerca a su madurez, por daños físicos, incidencia de enfermedades, aumento en la temperatura hasta los 30°C, y estrés de agua. Por otro lado, las tasas de producción de etileno de productos frescos se reduce al almacenar a baja temperatura, al reducir los niveles de oxígeno (menos de 8%) y al aumentar los niveles de CO₂ (más de 2%) (Kader, 1993).

No existe una relación consistente entre la capacidad de producción de etileno de un producto dado y su grado de perecibilidad. Sin embargo la exposición de la mayoría de los productos acelera su senescencia.

Aunque en la tabla anterior se señala al melón como un fruto de moderada producción de etileno, algunos autores lo colocan como producto de elevada síntesis de este compuesto y consecuentemente una rápida madurez y corta vida de anaquel (Paul *et al.*, 2012)

4.2.3. La senescencia de los vegetales

La senescencia es el envejecimiento natural de los tejidos vegetales y es estimulado por la presencia de etileno y tasas aceleradas de respiración. La senescencia afecta últimamente a todos los aspectos de calidad, terminando con la muerte del producto. Algunos cambios de la senescencia pueden afectar específicamente ciertos tipos de productos procesados, por ejemplo, cambios físicos y químicos de la estructura de la pared celular (Jiménez *et al.*, 2002). Aunque en productos frescos, la textura es altamente dependiente de la célula, la integridad de la pared celular es importante en la textura de algunos productos procesados (Femenia *et al.*, 1998). En algunas frutas y vegetales, la ruptura intercelular de las células lleva a una condición conocida como harinosidad, la cual es generalmente vista como una pérdida en la calidad de la textura del producto.

4.2.4. Metabolismo de frutas y hortalizas

El melón Cantaloupe al considerarse un fruto climatérico presenta un alza súbita en la tasa de sus procesos fisiológicos en un momento dado de su maduración, a este fenómeno se le conoce como crisis climatérica. Aunque se considera un fruto de tasa de respiración muy baja (4-5 mL CO₂/kg·h a 5°C) (Saltveit, 2004), una de las alzas más evidentes es en la producción de CO₂. Se sabe que la tasa de respiración es un indicador del estado y la rapidez de madures del fruto. También que la velocidad a la que respira un vegetal es directamente proporcional a la temperatura (menor temperatura menor velocidad) y esta influenciada por la concentración y tipo de gases presentes en su atmósfera, del tal manera que si hay una concentración relativamente alta de CO₂ la velocidad de respiración se ve disminuida (Zagory and Kader, 1988; Kader and Watkins, 2000). Esta característica de los frutos y vegetales afecta a toda la actividad metabólica de los mismos, a tal grado que si se logra disminuir la respiración del vegetal se puede alargar su periodo de conservación en fresco (Bai *et al.*, 2001; Echeverría *et al.*, 2004).

Las frutas, por ser aún organismos vivos, pasan por tres períodos diferentes: crecimiento, maduración y senescencia. El crecimiento del fruto incluye la división y elongación celular, en tanto que la maduración suele suceder antes de que finalice la fase de crecimiento y se extienda hasta la senescencia. En este último los procesos anabólicos terminan y empiezan los catabólicos, comenzando así el envejecimiento y la muerte del fruto (Romero, 2006). En la maduración de los frutos climatéricos las hormonas citoquininas, giberelinas y auxinas, actúan retardando la senescencia del vegetal, mientras que el etileno y el ácido abscísico (hormonas de maduración) la aceleran; por lo que en general, en el proceso de maduración hay una disminución de las primeras y aumento de las segundas (Pech and Latché, 1983; citado por Romero, 2006)).

La maduración de los frutos esta directamente correlacionada al tipo de que se trate, ya que si este es del tipo climatérico presentan una maduración más rápida, lo que acorta su vida en el árbol y se desprenden antes que los no climatéricos. Como ya fue mencionado, en los frutos climatéricos se desarrolla el fenómeno conocido como “crisis climatérica”, la cual es una serie de eventos que conlleva a una rápida maduración del

mismo. Las características más evidentes son un súbito aumento en la respiración y síntesis de etileno. Durante el período de madurez es cuando se presentan una serie de eventos bioquímicos y estructurales que producen los cambios en la composición química que hacen al fruto o vegetal atractivo para su consumo. Las consecuencias de la maduración son diferencia en color, sabor y textura (Giovannoni, 2004).

4.3 EFECTOS DE LA MADURACIÓN EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS FRUTAS Y HORTALIZAS

La madurez de vegetales involucra una gran cantidad de procesos fisiológicos y bioquímicos que incluyen cambios en la concentración de carbohidratos, proteínas, compuestos aromáticos, ácidos orgánicos, pigmentos y nutrientes que son regulados y coordinados genéticamente (Balbontín, 2007; Tosun *et al.*, 2008; Paul *et al.*, 2012). El desarrollo de estos procesos trae como consecuencia cambios en el sabor, color y textura, característicos de las frutas y hortalizas. Unos de los procesos fisiológicos que se ven más alterados, por esta condición, son la tasa de respiración y la síntesis de etileno (conocida como hormona de crecimiento de frutas y hortalizas) dependiendo si el fruto es climatérico (los cuales presentan cambios dramáticos en un algunos procesos fisiológicos durante su madurez) o no climatérico. A su vez la presencia y concentración de etileno promueve cambios que son parte de la maduración normal de los frutos (Romojaro, 2006; Paul *et al.*, 2012).

4.3.1. Efectos sobre los ácidos orgánicos

Los procesos presentes en la madurez de las frutas se ha visto que causan repercusiones sobre la síntesis de ciertos ácidos orgánicos, como el ácido cítrico, málico, tartárico y quínico. La mayoría de las investigaciones concluyen que la concentración de

estos ácidos en el fruto esta directamente relacionada con el grado de madurez del mismo, de tal manera que cuando el vegetal esta en sus primeras etapas de maduración, la acidez aumenta, pero en las últimas disminuye (Hernández-gil and Bautista, 1977; Tosun *et al.*, 2008). Sin embargo, algunos estudios sobre los cambios en ácido orgánicos, de durazno y dutch, promovidos por la madurez, mostró que mientras la concentración de ácido málico aumentaba, la de cítrico y quínico disminuía, lo que lleva a considerar que la síntesis de los diferentes ácidos orgánicos presentes en los frutos y vegetales no es en la misma ruta metabólica (Wang *et al.*, 1993, Glew *et al.*, 2003), y lo que promueve la síntesis de unos, no lo hace de la misma manera en otros.

4.3.2. Efectos sobre la textura

Una de las características más importantes, y evento primordial, de la madurez de la frutas es la alteración de la textura durante este proceso (Oms-Oliu *et al.*, 2007a), a tal grado de que se ha considerado como el mayor factor que determina la calidad y vida postcosecha de las frutas (Nishiyama *et al.*, 2007). La textura de frutas y vegetales está íntimamente vinculada con la composición química y estructural de la pared celular. Se sabe que cuando el fruto se encuentra en etapa de inmadurez-madurez el tejido es firme y sus paredes celulares están compuestas de aproximadamente 30% de celulosa, 30% de hemicelulosa, 35% de pectina y 5% de proteína (Payasi *et al.*, 2009). El vegetal al ir madurando, va desarrollando cambios en su textura, a consecuencia de la alteración, principalmente, en la composición de la pared celular. Estas modificaciones en los polímeros que conforman la pared de las células del vegetal durante la maduración, involucra la acción independiente y coordinada de numerosas enzimas y proteínas modificadoras de esta pared (Nishiyama *et al.*, 2007). Los compuestos pectínicos van sufriendo cambios debido a la actividad de diversas enzimas, como por ejemplo, la pectinmetilesterasa y las pectinasas, las enzimas solubilizan y depolimerizan a estos compuesto cambiando la conformación de la pared celular (Vicente *et al.*, 2005) y solubilizando sus componentes principales. Guis *et al.* (1997) encontraron que la

actividad de la pectinmetilesterasa no depende de la presencia y/o concentración de etileno, pero las poligalacturonasas sí son dependientes de esta hormona; por lo cual, si hay cantidades elevadas de etileno la fruta tendrá una disminución considerable de la firmeza de sus tejidos durante el proceso normal de maduración (Glew *et al.*, 2003; Dandekar *et al.*, 2004). Particularmente en algunas variedades de melón (*Cucumis melo L.*), frutos típicamente climatéricos, muestran una disminución extremadamente rápida de la firmeza durante la maduración limitando su transporte, almacenamiento y vida de anaquel (Nishiyama *et al.*, 2007).

4.3.3. Efecto sobre componentes aromáticos

La mayoría de las frutas son especialmente atractivas al consumidor por su aroma y sabor característico. Durante la maduración del vegetal, la síntesis de aromas y sabores esta regulada por la presencia y concentración de la hormona etileno, así como también por precursores de estos volátiles, como por ejemplo, ácidos grasos (Flores *et al.*, 2002; Glew *et al.*, 2003; Dandekar *et al.*, 2004; Defilippi *et al.*, 2004). A su vez, el etileno activa genes codificados para la síntesis de enzimas como lipasa, alcohol aciltransferasa y alcohol acetiltransferasas, enzimas relacionadas con la síntesis de aromas (Ueda *et al.*, 1997). En diferentes estudios se ha demostrado que la actividad de la enzima lipasa, y consecuentemente la degradación de las grasas a ácidos grasos, puede contribuir con la aparición de componentes volátiles involucrados con el olor y el sabor de ciertos frutos y vegetales (Lamikanra and Watson, 2004; Croteau and Karp, 1991, citado por Shalit *et al.*, 2001); ya que se tiene conocimiento de que los ácidos grasos son precursores iniciales (junto con los aminoácidos) en la producción de compuestos aromáticos (Defilippi *et al.*, 2004) y que durante la maduración de los frutos la cantidad de ácidos grasos va disminuyendo conforme aumenta el tiempo de la misma (Glew *et al.*, 2003). Los principales compuestos volátiles encontrados en las frutas y vegetales que le confieren su olor y sabor característico son aldehídos, alcoholes y especialmente ésteres (Shalit *et al.*, 2001), y su síntesis, así como su concentración, esta íntimamente

relacionada con la maduración del fruto. Se sabe que los esteres volátiles que contienen cadenas alquilos branched son originados a partir de valina, isoleucina y otros aminoácidos, que muchos de los esteres alifáticos presentes en el melón son producidos a partir de ácidos grasos como el linoleico y el linolénico, que los compuestos de cadenas cortas se producen a partir de ácidos grasos por β -oxidación de los mismos y, que la última etapa en la formación de esteres aromáticos esta catalizada por la alcohol aciltransferasa (AAT). Sin embargo, los factores hormonales que regulan las vías biosintéticas de los volátiles aromáticos en el melón no son aun entendidos en su totalidad (Zhu *et al.*, 2005).

4.3.4. El etileno y su papel en la maduración de las frutas y vegetales

Como ya se ha mencionado, el etileno es una hormona de crecimiento de las frutas y vegetales. El vegetal la produce a partir de metionina en un proceso bioquímico denominado Ciclo de Yang. En este ciclo las enzimas claves de la síntesis de este compuesto son la ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico sintetasa (ACC-sintetasa) y la ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico oxidasa (ACC-oxidasa); por lo que la inhibición de éstas puede detener la producción de etileno y favorecer una desaceleración de la senescencia de los vegetales (Dandekar *et al.*, 2004).

Una de las cuestiones que se han preguntado a lo largo del estudio de la fisiología de los vegetales es si el etileno, en la madurez de frutas, induce la crisis respiratoria (en frutos climatéricos) o es producto de ella. Se ha observado que, en la mayoría de las investigaciones, el etileno acelera la crisis climatérica si es aplicado antes del inicio de la misma.

En los frutos climatéricos la capacidad para completar el proceso de maduración depende exclusivamente de su habilidad para sintetizar etileno (Pech *et al.*, 2002). Es necesario pues, que durante el desarrollo del fruto en la planta, alcance un estado determinado a partir del cual adquiera la competencia para sintetizar etileno de forma autocatalítica. Se ha propuesto que el etileno en el fruto se produce de dos maneras, y se

le denomina sistema I y II. El sistema I es el responsable de la producción del etileno basal y el de herida, éste se encuentra tanto en los frutos climatéricos como en no climatéricos. El sistema II actúa solo en los climatéricos y pone en marcha la síntesis autocatalítica de etileno que induce la maduración.

Las frutas climatéricas, si son cortadas antes de tiempo, no alcanzarán la etapa de autoproducción de etileno, por lo que sus propiedades sensoriales no evolucionarán al no haberse activado el sistema II. Si por el contrario la recolección se realiza pasado este momento, podrá continuar la maduración por su propia capacidad de sintetizar etileno endógeno o por tratamiento exógeno.

Cuando el etileno se encuentra presente y se une a su receptor en la membrana celular, desencadena una serie de reacciones bioquímicas que van a activar los genes responsables de la síntesis de ciertas enzimas y compuestos y promover la maduración.

En las frutas y vegetales se han observado distintos eventos que tienen lugar cuando éste ha adquirido su capacidad para madurar y se inicia la síntesis autocatalítica de etileno. Estos procesos finalizan en la producción de enzimas que van a su vez sintetizar o degradar pigmentos, producir compuestos aromáticos, producir etileno, degradar la pared celular, etc. (Grierson, 1985) El hecho de que algunos de los cambios que experimentan los frutos climatéricos durante la maduración se produjeran antes de activarse el sistema II, y por lo tanto no estuviesen controlados por el etileno, despertó el interés de los investigadores y se intentó, mediante estudios fisiológicos y bioquímicos, dilucidar si podrían coexistir procesos etileno-dependiente y etileno-independiente (Jeffery *et al.*, 1984; Dandekar *et al.*, 2004).

En general, la tabla nos ilustra cuáles son los procesos etileno dependiente e independiente encontrados hasta ese momento en los vegetales. En ella se muestra que la coloración de la pulpa, acumulación de azúcares, disminución de ácidos orgánicos y síntesis del ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) no se ven afectados por la inhibición del etileno (Dandekar *et al.*, 2004). Por el contrario otros parámetros como el color de la piel, pérdida de textura, respiración climatérica y abscisión peduncular se encuentran bloqueados y dependen de la síntesis de etileno. (Guis *et al.*, 1997; Flores *et al.*, 2002; Sun *et al.*, 2012). Aunque los estudios anteriores demostraron que la síntesis

de ácidos orgánicos es independiente del etileno, Silva *et al.* (2004) y Defilippi *et al.* (2004) encontraron en manzana una relación dependiente al etileno de los ácidos orgánicos presentes en ella; por lo que aun son necesarios más estudios para eliminar dudas al respecto. Así mismo, algunos autores mencionan que la síntesis de aromas es sólo parcialmente dependiente de etileno (Nunez-Paleniús *et al.*, 2007 citado por Sun *et al.*, 2012), ya que al tratar melón con 1-metilciclopropeno la actividad de la AAT se vio inhibida solo en un 50% (Flores *et al.*, 2002); lo que indica que la última etapa en la formación de esterés en el melón (acetilación alcohólica) conlleva procesos etileno-dependientes así como etileno-independientes (Zhu *et al.*, 2005)

Tabla 3.- Rutas metabólicas dependientes e independientes de etileno

Ruta metabólica	Etileno dependiente	Etileno independiente
Azúcares		X
Ácidos orgánicos		X
Aromas	X	
Color en pulpa		X
Color en piel	X	
Respiración	X	
Textura pulpa	X	
Síntesis ACC		X

Romero, 2006

Para llevar a cabo estos estudio fue necesario inhibir la actividad, o acción, del etileno en el fruto, para ello se han desarrollo tecnología como es el uso de 1-metilciclopropeno, aminoetoxivinilglicina, diazociclopentadieno (Gong and Tian, 1998; Flores *et al.*, 2002; Rudell *et al.*, 2006; Balbontín, 2007), atmósferas controladas y/o modificadas (Jeffery *et al.*, 1984) y la tecnología de transgénicos (Bauchot *et al.*, 1998 citado por Zhu *et al.*, 2005; Dandekar *et al.*, 2004). Disponer de compuestos que inhiben la síntesis de etileno tiene una gran importancia práctica ya que con su aplicación se podría controlar la maduración.

4.3. MANEJO POSTCOSECHA DEL MELON

Una buena gestión post-cosecha permite no sólo minimizar las pérdidas, sino también valorar mejor los productos agrícolas comercializados, transformando la materia prima agrícola (zumos de fruta, mermeladas, etc.). En cada etapa del proceso de comercialización, una buena preparación permite conservar la calidad del producto. Una buena presentación lo hace más atractivo para el consumidor, que estará entonces dispuesto a pagar un precio más alto si el producto que le proponen es de buena calidad y fácil de usar (Mazaud and Ilboudo, 2001). Cuando el productor tiene la posibilidad de transformar él mismo sus productos, y asegurar parte o toda su preparación, puede sacar provecho de la subida del precio provocada por este valor añadido (Mazaud and Ilboudo, 2001).

Aunque no existe un término definido para el manejo postcosecha, este proceso hace referencia a una serie de técnicas que son usadas para facilitar su transporte y su procesamiento, y alargar su tiempo de vida útil, en este tipo de procedimiento son usados métodos químicos, físicos y biológicos, dependiendo del cultivar a tratar y el objetivo que se persigue con el tratamiento postcosecha.

Los tratamientos postcosecha usados para productos hortofrutícolas, van desde tratamientos térmicos, con el fin de remover calor (refrigeración) o reducir los daños producidos por contaminación de microorganismos (aplicación de agua caliente o vapor), hasta la aplicación sustancias químicas, como plaguicidas o compuestos bioactivos (etileno).

4.4.1. La cosecha.

Los Cantaloupes se cosechan por madurez y no por tamaño. Idealmente, la madurez comercial corresponde al estado firme-maduro o "3/4 desprendido", que se identifica cuando al jalar la fruta suavemente, ésta se desprende de la planta. Los

melones Cantaloupe maduran después de la cosecha, pero su contenido de azúcar no aumenta (Suslow *et al.*, 2002). La operación de cosecha es tan importante como la determinación del momento adecuado de la misma. Esta se realiza en forma manual, el manipuleo debe ser lo más cuidadoso posible ya que los golpes, aunque sean leves, son potenciales puertas de entrada de organismos patógenos (bacterias, hongos), que generan podredumbre de los frutos. Por esto se deben emplear trabajadores expertos para la cosecha de melón. Existen diferencias marcadas en cuanto a la susceptibilidad a los golpes según la variedad considerada. Es así como, en general, los melones tipo Escritos y Piel de Sapo son más sensibles que los melones tipo Amarillos y Rocío de Miel. Dentro de estos últimos, los híbridos habitualmente tienen corteza más fina por lo cual son más delicados que las variedades tradicionales. En cuanto al momento del día en que conviene efectuar la cosecha, se aconseja realizarla en los horarios de menor temperatura ambiental (por la mañana o atardecer), para evitar que los frutos tengan una temperatura muy alta. Además, es importante que los frutos una vez cosechados, no se expongan al sol hasta que sean llevados al galpón de empaque, ya que la temperatura de los mismos se incrementará (Fernández *et al.*, 1999). Para realizar una correcta evaluación de la calidad de los frutos de melón se deben tener en cuenta una serie de aspectos tales como: tamaño, madurez, color de la epidermis, firmeza, aroma y ausencia de defectos como manchas, deformaciones, rajaduras, entre otros. Otras características como por ejemplo, madurez, color de la epidermis, firmeza y aroma se establecen en el momento de la cosecha. Así la determinación del estado de madurez a cosecha es de suma importancia e incide marcadamente en la obtención de frutos de elevada calidad. Además, la obtención de un producto de buena calidad depende de muchos factores que van desde la elección del suelo adecuado, factores climáticos, manejo del cultivo (riego, fertilización, control de plagas y enfermedades), siembra de la variedad apropiada, momento de cosecha oportuno, selección, empaque, etc.

4.4.2. Empaque

El producto se empaqueta en guacales de madera, canastos o cestos tejidos, y canastillas para el transporte dentro de la finca. Para la comercialización se recomienda utilizar canastillas plásticas, que son de fácil manejo, no le causan daño al fruto. También se pueden empaquetar los productos en cajas de cartón corrugado, especialmente para la exportación. Para el melón, se recomiendan cajas de 38.5 cm de largo por 29.0 cm de ancho y 15.0 cm de altura con un peso de 5 Kg bruto. Se colocan en compartimientos individuales con envolturas de redcilla de plástico

4.4.3. Almacenamiento

La fruta es metabólicamente activa y después de la cosecha, continúa tomando oxígeno y cediendo dióxido de carbono (Bennion, 1995). Esto provoca cambios en la composición química debido a las reacciones enzimáticas resultando en pérdida de sabor, apariencia, textura y valor nutricional (Salunkhe *et al.*, 1991). Para minimizar el deterioro de la fruta, se recomienda almacenarlo a bajas temperaturas (refrigeración). Esta acción puede incrementar el periodo de mercadeo del melón, ya que las temperaturas frías pueden reducir el metabolismo y retardar la maduración (Bennion, 1995).

Generalmente el melón Cantaloupe se almacena a bajas temperatura para incrementar su vida de anaquel. Las temperaturas óptimas de almacenamiento pueden ser de 2.2 a 5°C y una humedad relativa de 90-95%. La vida de almacenamiento es hasta de 21 días a 2.2°C (dependiendo de la variedad del fruto), pero la calidad sensorial puede reducirse. Generalmente, se pueden esperar de 12 a 15 días como vida poscosecha normal dentro del intervalo óptimo de temperatura. En ocasiones, durante el almacenamiento de corto plazo o el transporte, se aplican temperaturas inferiores, fuera de este intervalo, pero pueden dar lugar a daño por frío después de algunos días, por

ejemplo, 7 días o períodos más prolongados a temperaturas inferiores a 2.2°C (Suslow *et al.*, 2002). Durante el almacenamiento los frutos son susceptibles a perder humedad, se ha observado que existe una diferencia entre tipos de melones a la susceptibilidad a la deshidratación, ya que se ve que los melones reticulados son más susceptibles a las pérdidas de agua por transpiración que los Honey Dew. Frutos más inmaduros o muy chicos presentan una tasa de transpiración mayor presentando una disminución en el peso y un arrugamiento que se inicia en la zona que rodea la cavidad peduncular. Pérdidas de agua inferiores al 5% no son percibidas a simple vista, sin embargo representan una reducción del peso y en consecuencia un costo económico (Fernández *et al.*, 1999).

4.4. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DEL MELÓN FRESCO

La fruta es metabolitamente activa y después de la cosecha, continua tomando oxígeno y cediendo dióxido de carbono (Bennion, 1995). Esto provoca cambios en la composición química debido a las reacciones enzimáticas resultando en pérdida de sabor, apariencia, textura y valor nutricional (Salunkhe *et al.*, 1991).

Una de las principales características del melón es que su procesamiento, para aumentar su conservación, ya sea produciendo conservas, deshidratándolo o algún otro método en el cual se aplique calor, produce cambios muy evidentes en sus propiedades sensoriales que limitan su gusto por el consumidor. Por lo que, hasta el momento, lo más conveniente para la comunidad productora de melón es tratar de conservar, por el mayor tiempo posible, a esta fruta en forma fresca.

El método más común y practicado para aumentar la vida de anaquel del melón es por medio de su almacenamiento en ambientes a bajas temperaturas sin congelación (aproximadamente 5°C), ya sea entero o cortado en forma de cubos (Aguayo *et al.*, 2004). Esta condición causa una disminución de la temperatura interna del tejido provocando cambios en el metabolismo celular y retardar la maduración (Bennion, 1995). Estos cambios se refieren a una reducción en la tasa de respiración, producción de

etileno y por ende de su actividad enzimática (Bolin and Huxsoll, 1991; Saltveit, 2004; Urbano *et al.*, 2005).

Para un máximo de vida de anaquel, debe ser cosechado en su punto exacto de maduración, después preenfriarse y mantenerse en un lugar frío inmediatamente después de su cosecha. La vida de anaquel puede ser diferente dependiendo del fruto, el tipo de cultivo, el clima y el suelo, maduración y prácticas de manejo antes del almacenamiento. La USDA recomienda almacenar el melón cantaloupe a 2-5 °C con una humedad relativa del 95%. En este rango de temperatura, el melón puede almacenarse durante 15 días. Sin embargo, temperaturas menores pueden provocar daños con enfriamiento. Los síntomas de este son picaduras y decaimiento de la superficie.

Otras formas de alargar la vida de anaquel de frutas y hortalizas son por medio de las tecnologías de atmósferas modificadas y controladas que logran aumentar este tiempo de almacenamiento, aun más que la sola aplicación de bajas temperaturas. Su desventaja es que esta tecnología es poco disponible por su alto costo de inversión y alta capacitación del personal.

Diversos estudios han concluido que es de suma importancia que, una vez que ha sido cosechada la fruta, la temperatura interna del tejido sea disminuida lo más rápidamente posible, y después almacenarla en frigoríficos a bajas temperaturas. Esta técnica se conoce como preenfriamiento.

4.5.1. Preenfriamiento de frutas y vegetales

El preenfriamiento de frutas y vegetales se puede llevar a cabo por medio de aire frío aplicado por medios mecánicos o mediante hidrogenfriamiento. El hidrogenfriamiento es un procedimiento para remover calor de productos vegetales frescos recientemente cosechados mediante el uso de agua a baja temperatura (Vigneault *et al.*, 2000; Thompson, 2004). Existen varios métodos de hidrogenfriamiento, como el hidrogenfriamiento por inmersión y el hidrogenfriamiento por aspersión o rocío (Salunhke *et al.*, 1984; Thompson, 2004). El hidrogenfriamiento por aspersión o rocío consiste en

rociar agua fría sobre el producto por enfriar, mientras que en el hidrogenfriamiento por inmersión la fruta o el vegetal por enfriar son sumergidas en agua fría circulando, y de esta forma se reduce la temperatura del producto (Thompson, 2004). Esta rápida remoción del calor presente en la fruta, previa al almacenamiento en frigorífico, puede aumentar la vida de anaquel del fruto conservando sus propiedades sensoriales por tiempos más largos, consecuentemente un mayor tiempo para su comercialización. Además de extraer calor de los tejidos vegetales, el hidrogenfriamiento puede usarse para incluir compuestos como conservadores, antioxidante, vitaminas, etc en el interior del vegetal, ya que al enfriar rápidamente el tejido, los espacios intercelulares del tejido (donde se encuentran gases) se contraen y tienen a absorber el líquido que los rodea.

4.5.2. Almacenamiento en atmósferas controladas (AC)

El almacenamiento en AC prolonga la vida útil de las frutas, debido a que reduce las concentraciones de oxígeno e incrementa la concentración de dióxido de carbono en la atmosfera de almacenamiento. Los efectos del almacenamiento en atmosferas controlada están basados en la reducción de la tasa de respiración de las plantas debido a los bajos niveles de oxígeno. Existe aproximadamente un 21% de oxígeno en el aire. Como la concentración de oxígeno disminuye hasta un 10% aproximadamente, la respiración de los frutos comienza a disminuir. Esta supresión en la respiración continúa hasta que los niveles de oxígeno alcancen alrededor de 2-4% para la mayoría de las frutas (Lozano, 2006)

Según Suslow *et al.* (2002), el almacenamiento o el transporte en AC, solamente ofrece beneficios moderados en la mayoría de las condiciones. En períodos prolongados de tránsito (14-21 días) los efectos benéficos de las AC en los Cantaloupes son: retraso de la maduración, disminución de la respiración y de la pérdida asociada de azúcares e inhibición de las pudriciones y de los mohos de la superficie. Las condiciones más aceptadas en la relación de gases son 3% O₂ y 10% CO₂ a 3°C (37.4°F). Las concentraciones elevadas de CO₂ (10-20%) son toleradas, pero producen efervescencia

en la pulpa. Este sabor carbonatado se pierde cuando la fruta se transfiere al aire. Las bajas concentraciones de O₂ (<1%) o altas de CO₂ (> 20%) alteran la maduración y causan sabores y olores desagradables y otros defectos. Este tipo de tecnología ha demostrado ser efectiva para alargar el período de conservación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de algunos frutos (Echeverría *et al.*, 2004).

4.5.3. Almacenamiento en atmósferas modificadas (MAP)

Esta tecnología de envasado de alimentos está en plena expansión ya que permite alargar significativamente la vida útil de productos frescos cortados, es decir, el período durante el cual el alimento mantiene las propiedades organolépticas y de seguridad requeridas para su consumo, bajo unas determinadas condiciones de conservación (Martín and Oms, 2005). Una definición general de una atmósfera modificada sería un alimento perecedero almacenado en un ambiente diferente al aire (Farber *et al.*, 1990). El envasado en atmósfera modificada consiste en la eliminación del aire del interior del envase y su sustitución por otro gas diferente. La composición de la atmósfera del envase se puede regular por diversos métodos, la sustitución mecánica del aire por otros gases o generando la atmósfera pasiva o activamente utilizando modificadores de atmósfera adecuados. En este tipo de almacenamiento no sólo es importante la relación de concentración de gases, se debe tener sumo cuidado en la selección del material de empaque. La mayoría de los estudios de los efectos del MAP han sido en frutas mínimamente procesadas (Oms-Oliu *et al.*, 2007a,b), donde se ha visto que ha contribuido a extender la vida de anaquel, principalmente inhibiendo el desarrollo microbiano (De Arruda *et al.*, 2004) y conservado sus principales propiedades sensoriales (Millán *et al.*, 2001), como por ejemplo, el color (Bai *et al.*, 2001). El uso de esta tecnología, especialmente en frutas y vegetales rebanados es porque son más susceptibles a contaminación microbiana, oscurecimiento enzimático, mayor pérdida de humedad y por tener mayores tasas de respiración y síntesis de etileno (Kader and Watkins, 2000).

Los beneficios obtenidos por las atmósferas modificadas se cree que están directamente relacionados a la disminución de la tasa de respiración y el metabolismo de producción de etileno (Zagory and Kader, 1988; Kader and Watkins, 2000; Bai *et al.*, 2001).

La aplicación de atmósferas modificadas en productos hortícolas conserva, por mayor tiempo, las propiedades físicas, químicas, de composición y sensoriales de las frutas y vegetales (Machado *et al.*, 2005). Además, se ha comprobado que promueve la retención de nutrientes (Barry-Ryan and O'Beirne, 1999) y cambios no deseados en la concentración de azúcares y ácidos (Machado *et al.*, 2005),

4.5.4. Uso de cubiertas a base de polímeros

Un método novedoso para alargar la vida de anaquel de producto vegetales frescos es con la aplicación de una capa delgada, a base de polímeros, sobre la superficie del mismo y modificar la atmósfera interna del vegetal (Cisneros and Krochta, 2003a,b; Mishra *et al.*, 2010). Esta capa sella una cantidad de poros del vegetal no permitiéndole respirar y transpirar en forma normal disminuyendo su tasa respiratoria, consecuentemente reduciendo su actividad metabólica, así como, evitando deshidratación del fruto por una transpiración excesiva (Pérez-Gago *et al.*, 2002). Las cubiertas han recibido una gran atención en estos últimos años, ya que han probado cierta efectividad como barrera a la transferencia de masa, previendo integridad mecánica o mejores características de manejo al alimento (Krochta and De Mulder-Johnston, 1997). Los materiales utilizados para este fin han sido películas o capas de lípidos, resinas, polisacáridos y proteínas; estos dos últimos son buenos formadores de películas pero tiene una pobre barrera a la humedad. Así mismo, los lípidos dan una mejor barrera a la humedad pero presentan poca integridad mecánica y requieren solventes o altas temperaturas para solubilizarse (Pérez-Gago *et al.*, 2002).

4.5.5. Modificación Genética

La modificación o incorporación de un gen en los frutos ha sido una práctica en los últimos años. Esta tecnología permite aumentar el tiempo de almacenamiento del fruto fresco por medio de la inactivación de procesos enzimáticos involucrados en la maduración natural del fruto. De esta manera el fruto deja de sintetizar etileno o enzimas pécticas. Algunas de las ventajas de este tipo de tecnología son:

- ❖ Mayor capacidad de conservación y por lo tanto menor cantidad de pérdidas poscosecha.
- ❖ Mejora el contenido de azúcar, ya que los frutos pueden seguir acumulando más azúcares por más tiempo, por retraso del proceso de envejecimiento en las plantas.
- ❖ Confiere a la variedad una muy buena tolerancia a la enfermedad fisiogénica conocida como vitrescencia o avinado.
- ❖ Incremento en la producción, ya que hay una mayor acumulación de azúcares, los frutos tienen mayor densidad, lo que se traduce en mayor producción.

Como contrapartida, algunos efectos que se pueden considerar no deseados son:

- ♦ Hay poca o nula liberación de sustancias responsables del aroma en los frutos maduros.
- ♦ La piel no vira al amarillo.
- ♦ Mayor ciclo del cultivo, por lo tanto poca precocidad

4.6. LA REFRIGERACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS Y LOS DAÑOS POR FRÍO

La aplicación de bajas temperaturas no puede extenderse a todas las frutas, por ser algunas sensibles a las bajas temperaturas, provocando la aparición de síntomas de oscurecimiento externo e interno, pérdida de textura y otros desajustes fisiológicos, que provocan una merma considerable de calidad que los hace inercializables (Romojaro, 2006).

La temperatura afecta de alguna manera a todo organismo; de tal manera que, mientras más baja sea ésta, los procesos metabólicos serán más lentos (Lamikanra and watson, 2003) por lo que las bajas temperaturas promueven una mayor conservación de frutas y vegetales. Sin embargo, los vegetales por no contar con sistemas de regulación térmicas, pueden ser susceptibles a las bajas temperaturas. La aplicación de frío por encima del punto de congelación del agua en el fruto, reduce la velocidad de reacciones metabólicas al modificar la energía de activación, la velocidad máxima y la constante de Michaelis de las reacciones enzimáticas y la concentración de sustratos y productos de la reacción (Artés and Artés, 2003). Lance and Moreau (1992) exponen que tanto la respiración y la fotosíntesis, los principales procesos ligados al metabolismo energético de la planta, como todo el metabolismo general, se perturban por las temperaturas de refrigeración.

La aplicación de bajas temperatura no congelantes en vegetales se manifiesta en la estructura y composición de las biomembranas vegetales, afectando la viscosidad de la matriz lipídica y la rigidez de la membrana (adquiere una estructura gel-cristalina) y se redistribuyen las proteínas integrales que son expulsadas de las zonas lipídicas rígidas. De igual manera, el frío afecta la permeabilidad de la membrana y las funciones celulares afectando la actividad enzimática y el transporte en la membrana, que en casos graves trae como consecuencia transvase de electrolitos y metabolitos entre los compartimientos celulares y entre las células y el medio, y puede incluso, llegar a romper las membranas, la necrosis y muerte del órgano o vegetal (Mazliak, 1992). Se puede decir que son muy numerosas las disfunciones celulares y las alteraciones fisiológicas y

bioquímicas que induce el frío no congelante: generalmente estimula la tasa respiratoria y la emisión de etileno, reduce la fotosíntesis, interfiere la producción de energía, aumenta la energía de activación, retrasa la fluidez del protoplasma, aumenta la permeabilidad de la membrana, inactiva algunas enzimas, desorganiza la membrana y altera la estructura celular (Wang and Adams, 1982; Wang, 2000).

Estos desórdenes fisiológicos se denominan daños por frío (DF) y suceden tras una cierta permanencia de los vegetales a temperatura entre -0.5 y 15°C . La mayoría de los frutos tropicales y subtropicales, muchos productos mediterráneos y algunas especies de climas templados, son susceptibles a sufrir daños por frío. Además se ha observado que los frutos climatéricos son más proclives a tener DF cuando tienen un metabolismo muy activo y elevadas tasas de respiración. En el desarrollo de DF intervienen una serie de factores genéticos, fisiológicos y bioquímicos e incluso de condiciones térmicas del cultivo (Luchsinger and Artés, 2000). El daño por frío también es considerado como un estrés oxidativo relacionado con una disminución en la actividad de las enzimas que se encargan de remover las especies reactivas de oxígeno, tales como Superóxido Dismutasa y Catalasa (Sala, 1998).

Por lo general, el efecto del frío no congelante produce cambios directos y rápidos sobre las membranas, con la alteración de la célula, cuya gravedad dependerá de la intensidad y duración de la aplicación de la baja temperatura. También puede tener una acción gradual y duradera, que puede conducir a alteraciones primarias e indirectas del metabolismo, e incluso a un desequilibrio hídrico, que da lugar a una alteración secundaria y puede tener consecuencias reparables (Levitt, 1980).

Las consecuencias ocasionadas por los DF pueden presentarse desde unas horas (plátano y chirimoya) hasta algunos meses después de estar en el frío (pepino, tomate, melocotón y cítricos). En la primera fase las alteraciones son tan poco dañinas que los vegetales no presentan síntomas visibles y el tejido puede volver a su estado normal al calentarlo nuevamente. En la segunda fase las alteraciones ya son visibles e irreversibles (Artés, 1995). Los síntomas del DF pueden manifestarse con alteraciones fisiológicas consistentes en anomalías del desarrollo o del metabolismo, como la maduración incompleta del tomate, papaya, mango y nectarina, el endulzamiento de las papas, y la falta de sabor y aroma de plátano, piña, papaya, sandía y melón (Artés, 1995, 2001).

Productos del metabolismo, como el etileno, son alterados por la aparición de este fenómeno, como caso particular, en durazno y nectarina la producción de etileno es disminuida (Artés and Fernández, 1999), mientras que en el resto de productos los DF suelen ir acompañados por un aumento en la emisión de CO₂ y etileno; lo que puede resultar en mayores o menores DF, ya que se ha observado que la presencia de etileno favorece este fenómeno (Ben-Amor *et al.*, 1999; Pesis *et al.*, 2002), pero, contradictoriamente, altas concentraciones de este compuesto disminuyen la aparición del mismo (Zhou *et al.*, 2001; Nair and Singh, 2003). Las manifestaciones visibles de los DF puede ser: depresiones de la piel o picado (afecta al 60% de la frutas y hortalizas), descomposición de tejido (en fruta de hueso y de pepita), oscurecimientos internos o superficiales (frutas de pepita, cítricos, granada, aguacate, piña, papa y melón), desarrollo de textura algodonosa o harinosa (durazno y nectarina), oscurecimiento de membranas carperales o membranosas (frecuente en limón y granada), debilitamiento de la resistencia a daños mecánicos y al ataque de microorganismos (muy generalizado) debido a degradación de los compuestos la pared celular (Manganaris *et al.*, 2008), y otras como consistencia gelatinosa de la pulpa (ciruela), enrojecimiento (judías verdes) y el ablandamiento de la punta del espárrago (Marcellin, 1992; Artés, 1995, 2000), además de que causa un incremento en la deshidratación en la jícama (Mercado-Silva and Cantwell, 1998). Usualmente los síntomas de DF se expresan después de transferir los productos de la temperatura de daño, a otra mayor (aproximadamente 20 °C). Sin embargo, algunos frutos como tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), pepino (*Cucumis sativus* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.) y cítricos (*Citrus* spp.) pueden desarrollar síntomas como textura harinosa, picado superficial y maduración irregular, característicos del DF, durante la exposición a la temperatura de daño (Lyons, 1973; Markhart, 1986; Saltveit, 2004; Martínez-Téllez and Lafuente, 1997).

La temperatura crítica a la que aparecen los DF, varía de un órgano a otro o de una especie a otra, y puede ser de -0,5 a 4°C para los poco sensibles, de 4 a 7°C para algunas especies de clima templado, y desde unos 8 hasta 15 e incluso 20°C para las tropicales y subtropicales más sensibles. Por ello, los órganos vegetales se consideran resistentes al frío cuando pueden almacenarse sin alteraciones a temperaturas próximas

al punto de congelación, moderadamente sensibles si se alteran entre 2 y 7°C, y muy sensibles, cuando no soportan temperaturas por debajo de 15 a 20°C (Artés, 2001).

Aunque no se conoce exactamente el desarrollo de los DF, se sabe que tiene lugar en dos fases sucesivas. La primera se prolonga desde algunas horas (caso de la banana o de la chirimoya) hasta algunos meses (en manzana y pera), aunque lo más frecuente es una duración de unas dos semanas (como sucede en pepino, judía verde, tomate, melocotón o en los cítricos). En esta fase inicial las alteraciones son tan poco severas que no se manifiestan los síntomas, lo que se denomina umbral de inducción o fase de latencia, y los productos pueden retornar a un estado normal, por simple calentamiento superior a la temperatura crítica (es el caso de las alteraciones de tipo primario indirecto). La segunda fase tiene lugar cuando, superado el umbral de inducción, aparecen los síntomas, su establecimiento es ya irreversible, y la aplicación de una elevación moderada de la temperatura solo contribuye a acelerar su desarrollo (Artés, 1995).

En el melón se ha reportado que el daño por frío comúnmente ocurre después de su almacenamiento a temperaturas $< 2^{\circ}\text{C}$ por algunos días. La sensibilidad al daño por frío por este fruto disminuye a medida que la madurez fisiológica o la de consumo del mismo aumentan. Los síntomas del daño por frío incluyen picado o depresiones superficiales, incapacidad para madurar normalmente, sabores desagradables y mayor incidencia de pudriciones en la superficie. En general, no existe una forma eficaz para eliminar este problema, pero se ha demostrado que una tensión de vapor próxima a la saturación durante la conservación en atmósferas controladas o en AM, inhibe el estrés hídrico de la postrecolección y favorece la tolerancia al frío de numerosas especies sensibles, disminuyendo los efectos del DF (Grierson *et al.*, 1982; Ben-Yehoshua *et al.*, 1987). Otros estudios mencionan que los tratamientos que dificultan el intercambio gaseoso del vegetal y generación de atmósferas modificadas, también tendrá como consecuencia menores DF (Artés and Artés, 2003; Pesis *et al.*, 2002).

4.7. CUBIERTAS POLIMÉRICAS DE USO EN PRODUCTOS HORTÍCOLAS

Existen ciertas desventajas con los métodos de conservación tradicional de los productos hortícolas, como por ejemplo: daños por frío, tecnologías no disponibles (congelación y/refrigeración, atmósferas modificadas o controladas), problemas de condiciones anaeróbicas, residuos riesgosos para la salud al usar fungicidas o conservadores químicos, entre otros.

Las tecnologías de empaque con cubiertas ofrecen retardar la maduración, evitar cambios de color indeseables y reducir la pérdida de humedad y de esta manera aumentar la vida de anaquel de frutas y hortalizas. Además de ser amigables con el medio ambiente (Park *et al.*, 1994; Baldwin, 1996).

La primer película comestible usada fue la cera (Park, 1999). El uso de este tipo de películas se extendió porque además de controlar la actividad metabólica de los productos se tiene un cierto control sobre la degradación oxidativa (McHugh and Krochta, 1994) y, en algunos productos, agregan características sensoriales (Guilbert *et al.*, 1996).

El propósito de las cubiertas es reducir la migración de humedad, oxígeno, CO₂, o cualquier otro material soluble; así como también servir como acarreador de aditivos tales como antioxidantes o antimicrobianos (Chen, 1995) y probióticos (Tapia *et al.*, 2007). Aunque algunos compuestos usados como formadores de película tienen propiedad antimicrobiana por sí mismos (Rodríguez *et al.*, 2003)

Las películas o cubiertas son materiales que al aplicarlos en la superficie de un producto provee una barrera a la humedad, oxígeno y movimiento de solutos (McHugh and Senesi, 2000). La aplicación es por inmersión o aspersión de una solución del compuesto y llevado a sequedad para la formación de una película de capa muy delgada sobre la superficie de la fruta u hortaliza. La película al disminuir la porosidad de la cáscara del vegetal crea una atmósfera modificada en los tejidos (McHugh and Senesi, 2000).

Una película ideal es definida como aquella que extiende la vida de anaquel de una fruta u hortaliza fresca sin causar anaerobiosis y reducir la pudrición sin afectar la calidad del producto (El Ghaouth *et al.*, 1992). El efecto que tiene las cubiertas sobre las frutas y vegetales depende grandemente de la temperatura, la alcalinidad, el grosor y tipo de cubierta, y la variedad y condición de la fruta (Park *et al.*, 1994). Las características funcionales requeridas de una película o cubierta dependen de la matriz del producto (alta o baja humedad) y de los procesos de deterioro a los cuales es sujeto tal producto (Guilbert *et al.*, 1996).

4.7.1. Tipos de cubiertas o películas

Las cubiertas pueden ser de polisacáridos, proteínas, lípidos o una mezcla de estos compuestos. Su presencia y concentración determina las propiedades de barrera que tendrá al vapor de agua, oxígeno, CO₂, etc. Sin embargo, ninguno de los componentes puros puede proveer la protección total al producto, por lo que son generalmente usados en combinación para mejores resultados (Guilbert *et al.*, 1996; McHugh and Krochta, 1994; Conforti and Zinck, 2002; Sohail *et al.*, 2006).

4.7.2. Cubiertas y películas a base de polisacáridos

Algunos de los polisacáridos que tienen propiedades de película son almidón y pectina (Baldwin, 1996), celulosa y derivados (Tien *et al.*, 2001), chitosan (Jiang and Li, 2001; Li and Yu 2000; Choi *et al.*, 2002) y algunos tipos de gomas como la hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) (Perez-Gago, 2002) y xantano (Mei *et al.*, 2002); además de compuestos tales como los derivados de la sábila que básicamente son polisacáridos (Valverde *et al.*, 2005). Estos producen películas con una buena barrera al oxígeno, aromas y aceite, además proveen fuerza e integridad estructural. Aunado a lo

anterior, se han probado ser efectivos para evitar cambios en el color (Valverde *et al.*, 2005), así como nutrientes (Mei *et al.*, 2002). Su desventaja radica en que no son efectivos como barrera a la humedad debido a su estructura hidrofílica (Kim *et al.*, 2002; Coughlan *et al.*, 2004). Estas cubiertas disminuyen la velocidad de maduración e incrementan la vida de anaquel de productos cubiertos sin incrementar las condiciones de anaerobiosis en forma severa (Park *et al.*, 1994; Baldwin *et al.*, 1995, Conforti and Zinck, 2002).

4.7.3. Cubiertas a base de proteínas

Las proteínas más comúnmente usadas como películas han sido las de soya, suero de leche, caseínas, proteínas de maíz, albúmina de huevo, colágeno (gelatina) y trigo (Baldwin *et al.*, 1995; Sohail *et al.*, 2006; Tapia *et al.*, 2007). Las películas a base de proteínas, al igual que las de polisacáridos, son buena barrera al oxígeno, aromas y aceites; provee fuerza e integridad a la estructura de los productos, pero no es una barrera efectiva a la humedad (Chick and Ustunol, 1998; Sohail *et al.*, 2006). Además, se ha observado que las proteínas de leche como cubierta han sido usadas como un efectivo controlador del oscurecimiento enzimático en frutas y vegetales cortados (Tien *et al.*, 2001) y para conservar propiedades de textura en productos de pollo (Ballard and Mallikarjunan, 2006). Las proteínas de suero pueden contener cantidades significativas de ácidos grasos los cuales darían a la película una barrera a la humedad.

4.7.3. Películas y cubiertas a base de lípidos

Algunos de los lípidos más efectivos como formadores de película son cera de abeja, aceite mineral (Lerdthanangkul and Krochta, 1996) aceite vegetal, surfactantes, monoglicéridos acetilados, cera de carnauba y parafinas (Kester and Fennema, 1986; Hagenmaier and Baker, 1994). Los lípidos ofrecen poca barrera al oxígeno pero buena

al vapor de agua, generalmente son opacas y relativamente poco flexibles (Guilbert *et al.*, 1996).

4.7.4. Ventajas del uso de películas y cubiertas

Generalmente, los beneficios potenciales del uso de películas o cubiertas en productos mínimamente procesados son para estabilizar el producto y, así mismo, extender la vida de anaquel. Más específicamente, las películas y cubiertas tienen el potencial de reducir la pérdida de humedad (Perez-Gago, 2002; Valverde *et al.*, 2005), la pérdida de firmeza (Conforti and Zinck, 2002), proveer barrera a la humedad y al oxígeno (Li and Barth, 1998; Perez-Gago *et al.*, 2002; Reyes *et al.*, 2008), retardar la tasa de respiración (Banks, 1984), impedir el movimiento de solutos (Li and Barth, 1998), retardar la pérdida de clorofila, retardar la producción de etileno (Banks, 1984; Baldwin *et al.*, 1995), reducir la tasa metabólica y de oxidación (Li and Barth, 1998), reducir la pérdidas de volátiles del sabor, acarreador de aditivos que podrían reducir la decoloración y el crecimiento microbiano (Baldwin *et al.*, 1995). Se cree que el mayor beneficio del uso de películas y/o cubiertas es que pueden ser consumidos con los alimentos, pueden dar nutrientes adicionales y pueden aumentar las propiedades sensoriales (Guilbert *et al.*, 1996).

4.7.5. Desventajas del uso de películas y cubiertas

Los problemas que pueden sobrevenir al usar películas y/o cubiertas se pueden deber por una inadecuada selección del tipo y espesor de la película, por la aplicación en productos inmaduros o con poco sabor, además de almacenamiento a altas temperaturas de las frutas cubiertas (Park *et al.*, 1994; Cisneros and Krochta, 2002).

Una película muy gruesa podría restringir el intercambio de gases durante la respiración ocasionando acumulación de altos niveles de etanol y el desarrollo de sabores y olores desagradables (El Ghaouth *et al.*, 1992; Miller *et al.*, 1983; Perez-Gago *et al.*, 2002). Una limitada barrera al vapor de agua de las películas podría producir pérdidas de peso y humedad del producto. Las películas con buena barrera a los gases podrían causar condiciones de anaerobiosis e interferir con la maduración normal (Perez-Gago *et al.*, 2002). Las películas deben permitir un cierto intercambio de gases (oxígeno y CO₂ fundamentalmente) para evitar la anaerobiosis en los tejidos del fruto.

El crecimiento microbiano podría proliferar o aumentar en cubiertas con propiedades nutritivas altas (como por ejemplo, las a base de proteínas) en ambientes húmedos (Avena-Bustillos *et al.*, 1997). La adición de un antimicrobiano podría aligerar este problema.

4.7.6. Efecto de películas y cubiertas sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales, calidad fisiológica y vida de anaquel de frutas y vegetales

Diferentes investigaciones argumentan que las películas y/o cubiertas aumentan la vida de anaquel de las frutas y vegetales, el problema consiste en determinar cuál de las películas utilizar para un producto determinado. Las películas a base de celulosa se ha visto que al aplicarlas en zanahorias mantienen su apariencia general y retienen los carotenoides en ellas; además de disminuir su actividad metabólica (Li and Barth, 1998); de igual manera, se ha visto que cubiertas a base de geles de sábila (compuestos principalmente de polisacáridos) han sido efectivos en evitar los cambios de color, acidez, textura, peso y propiedades sensoriales en general de uva cuando es almacenada en frío (Valverde *et al.*, 2005). Así mismo, en papas y manzanas cortadas redujeron significativamente la pérdida de peso y éstas no tuvieron cambios en el sabor (Baldwin *et al.*, 1996). Además, en pimiento morrón disminuyeron la pérdida de peso y textura (Lerdthanangkul and Krochta, 1996) evitando la degradación de la pectina en la pared celular (Conforti and Zinck, 2002).

Uno de los compuestos que más se ha estudiado como productor de películas es el quitosán. Este se encuentra formando parte de la capa de los crustáceos, el cual es un polisacárido catiónico de alto peso molecular que se obtiene por deacetilación del

quitina. La película de quitina ha sido efectiva en la reducción de la tasa de respiración y la desecación (El Ghaouth *et al.*, 1992), en la regulación del intercambio gaseoso, disminución de las pérdidas por transpiración (Jiang and Li, 2001), modificación de la atmósfera interna (El Ghaouth *et al.*, 1992; Jiang and Li, 2001), manteniendo la calidad de frutas cosechadas, reteniendo la firmeza y frescura del fruto. Además, al usar este tipo de películas, adicionalmente, se tiene la protección ante microorganismos, ya que éste tiene la habilidad de reducir el crecimiento de microorganismos (Jiang and Li, 2001; Li and Yu, 2000; Rodríguez *et al.*, 2003). Se ha probado en diferentes frutas y vegetales obteniendo resultados, como por ejemplo, en fresa y frambuesas tuvo un efecto benéfico en la acidez, madurez y contenido de vitamina C, así como en la inhibición de cierto hongos (El Ghaouth *et al.*, 1992). En tomate mantuvo su firmeza y color (Ghaouth *et al.*, 1992). Su uso en duraznos mantuvo la calidad sensorial de los mismos (Li and Yu, 2000). Su principal desventaja es su alto precio y poca disponibilidad.

Las películas hechas a partir de proteína de maíz tienen buenas propiedades de adhesión y de barrera al oxígeno. Se ha visto que disminuyen los cambios de color, pérdida de firmeza y peso y aumentan la vida de anaquel de tomates, pero son muy permeables al vapor de agua (Park *et al.*, 1994); se observó que el grado en el cambio de color dependió directamente del grosor de la capa de la película, a mayor grosor mayor incremento de CO₂, menor de O₂ y menores cambios de color.

Las cubiertas a base de ceras fueron las primeras del tipo comestible. Son las más eficaces contra la migración de humedad debido a la ausencia, o poca presencia, de grupos polares. La aplicación de éstas provocó un incremento en el etanol, acetaldehído, sólidos solubles totales y un decremento los sólidos totales y acidez titulable en mandarinas durante su almacenamiento (Ahmad and Khan, 1987), por lo que se presentó una respiración anaerobia. Al utilizar cera en mangos hubo un aumento en la vida de anaquel y una disminución en la pérdida de peso (Mathur and Shrivastava, 1955). Actualmente el uso de ceras regularmente es en combinación con compuestos que tengan mejores propiedades de intercambio gaseoso (como compuestos formadores de películas a base de carbohidratos) para evitar condiciones de anaerobiosis (Nisperos and Baldwin, 1988).

4.8. LA HIDROXIPROPILMETILCELULOSA COMO CUBIERTA EN FRUTAS Y HORTALIZAS

Los estudios de los efectos de cubiertas poliméricas en frutas, hortalizas y otros alimentos tienen su inicio hace un poco más de 20 años, pero su uso ha sido en su gran mayoría, en cierta manera empírico y en muchos de ellos obteniendo resultados impredecibles. Las modificaciones que se hacen a la atmósfera interna de los productos cubiertos con polímeros dependen esencialmente de la permeabilidad de la película, espesor y cobertura superficial. Sin embargo es poco el conocimiento de los factores que influyen a estas características. Este conocimiento podría permitir tener una mejor predicción del comportamiento de los productos expuestos a las cubiertas poliméricas (Cisneros and Krochta, 2003b).

La hidroxipropilmetilcelulosa es de los pocos polímeros que se le han caracterizados sus propiedades fisicoquímicas para tener una mejor predicción de su comportamiento y ser usada como película. Cisneros and Krochta (2003b) estudiaron los efectos de la concentración, viscosidad, densidad y tensión superficial de este polímero sobre ciertas propiedades y características de la manzana, y demostraron que es posible controlar la composición interna de los gases en base a las propiedades de las soluciones de este compuesto.

La hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) es una metilcelulosa modificada con pequeñas cantidades de grupos eter de propilenglicol enlazados a la anhidroglucosa de la celulosa. El producto seco tiene del 19 al 30% de grupos metoxilo y 3 a 12% de grupos hidroxipropilos. Es soluble en agua y algunos solventes orgánicos y es estable al pH. Una solución al 2% de HPMC muestra viscosidades de 3 a 100,000 mPas. Este polímero tiene excelente propiedades de formación de película, retenedora de agua, estabilizante y emulsificante. Las películas hechas de HPMC muestran buenas propiedades mecánicas, por lo que son usadas como cuerpo de cápsulas medicinales entre otros (Kokubo, 2003).

La HPMC se puede utilizar sola o en combinación con ciertos lípidos, como por ejemplo la cera de abeja, lo que tendría como consecuencia una interacción de

propiedades que llevaría a una mejora en las características de la película. La HPMC con cera de abeja ha demostrado que poseen mejores propiedades de barrera a la humedad que por si sola evitando la pérdida de humedad de vegetales (Navarro *et al.*, 2002). Este tipo de película puede aumentar la vida de anaquel de productos hortícolas aún cuando éstos estén a 20°C de almacenamiento. En un estudio se combinó HPMC y lípidos para usarse en mandarinas, en éste se incluyó a la cera de carnauba y al shellac obteniendo menores pérdidas de humedad. Sin embargo, las mandarinas cubiertas con el HPMC-lípidos mostraron claros indicios de una glucólisis anaerobia produciéndose altas concentraciones de alcohol en los tejidos, y consecuentemente bajando la calidad de la fruta (Perez-Gago *et al.*, 2002). Según la literatura esto pudo deberse a que las altas concentraciones de lípidos (hasta 60%) aumentaban la viscosidad de la solución, lo que ocasionó un mayor espesor de la película y un menor intercambio gaseoso.

El uso de lípidos en combinación de HPMC puede dar como consecuencia un menor control en el intercambio gaseoso (oxígeno y CO₂), pero trae el beneficio de una menor pérdida de humedad en el fruto. La pérdida de humedad puede controlarse teniendo un frigorífico con la humedad relativa adecuada para la fruta u hortaliza en particular y de esta manera, si solo utilizamos el HPMC, tener un mejor control del intercambio de gases en el tejido.

5. METODOS

5.1. MATERIALES

Se adquirió melón (*Cucumis melo*) de madurez tres cuartos desprendido recolectado de la región de Ceballos, Durango. La HPMC fue donada por Colorcon (México). Los siguientes reactivos fueron adquiridos de Sigma-Aldrich (St Louis MI, EUA) metabisulfito de sodio, sorbato de potasio, monoestearato de propilenglicol, etilbutirato, etilcaproato, butilacetato, benzilalcohol, D-metilo de ácido poligalacturónico, Tris, sulfato de amonio, laurato de p-nitrofenilo, dodecil sulfato de sodio, Triton X-100, azul de bromotimol y estándares de CO₂ y etileno. Se empleó parafina grado reactivo Analítika.

5.2. PREPARACIÓN DE LA PELÍCULA

La película se preparó diluyendo 2.5% (p/v) de HPMC en agua destilada a 90 °C con agitación constante en una placa de calentamiento con agitación magnética (Daihan Labtech Co., LTD, Namyangiu, Corea), posteriormente se enfrió hasta 10 °C para su completa hidratación; la solución se volvió a calentar hasta 80 °C y se agregaron 0.25 % (p/v) de monoestearato de propilenglicol, 0.2 % (v/v) de aceite de maíz, 0.025 % (p/v) de metabisulfito de sodio, 0.1 % (p/v) de sorbato de potasio. La parafina se agregó caliente (80 °C) a la solución de HPMC en una proporción de 1:4. La mezcla se agitó con un homogeneizador Ultraturrey T18 (IKA[®] Works, Inc, Wilmington, EUA) a 15,000 rpm durante 10 min. La emulsión formada se enfrió a 7±2 °C y permaneció en refrigeración hasta su aplicación.

5.3. TRATAMIENTOS

Melones, lavados (agua potable con 200 ppm de hipoclorito) y seleccionados (libres de daños físicos y contaminación microbiana aparente), fueron distribuidos al azar en cuatro tratamientos: control (sin tratamiento), hidrogenfriamiento (HIDRO), cubierta de HPMC-Parafina (fruto con cubierta) (PEL) y la combinación de hidrogenfriamiento con cubierta (HIPEL); cada tratamiento tuvo 4 repeticiones. El hidrogenfriamiento fue aplicado sumergiendo los melones en agua potable a 4 °C durante 35 min; posteriormente se escurrieron para eliminar el exceso de agua y se almacenaron en un frigorífico a una temperatura de 8 ± 2 °C y una humedad relativa de 80 ± 4 %.

Por otro lado, la película emulsionada se aplicó en la superficie de los melones, utilizando una brocha; el procedimiento se realizó cuidando que los melones quedaran totalmente cubiertos. Posteriormente, los frutos se colocaron en una corriente de aire seco (9-10 m/s) a 20 °C, para secar la película, durante 40-50 min y se almacenaron bajo las mismas condiciones que las muestras hidrogenfriadas. Las muestras del tratamiento combinado fueron llevadas a cabo como el tratamiento con película, pero usando melones previamente hidrogenfriados. A melones de cada tratamiento se les determinó pérdida de peso (PP), índice de daños por frío (IDF), textura superficial (melón entero), textura interna (pulpa), acidez titulable (AT), sólidos solubles (SS), producción de CO₂ y etileno, así como CO₂, O₂ y etileno en el interior del fruto; también se analizó la actividad de la lipasa y pectinmetilesterasa, y la concentración de cinco compuestos volátiles del melón a los 0, 4, 8, 12, 16 y 20 días de almacenamiento en frío.

5.4. DETERMINACIÓN DE CO₂, RELACIÓN DE CO₂/O₂ Y ETILENO

Para la producción de CO₂ y etileno, dos melones de cada tratamiento, en cada uno de los puntos determinados durante el almacenamiento, se colocaron en recipientes de 12 L, adaptados para tomar muestras de aire, y cerrados herméticamente durante 1 h a 8±2 °C. Posteriormente se tomó 1 mL de los gases del recipiente y se inyectó en el cromatógrafo. La concentración de estos gases en el interior del fruto, se llevo a cabo sumergiendo las muestras en un recipiente con agua potable, para evitar contaminación de los gases atmosféricos, y con una jeringa, previamente acondicionada para proteger el material de análisis, se perforó el fruto y se obtuvo una muestra de aproximadamente 5 mL de los gases que se encontraban en el interior del mismo; la jeringa se tapó con una septa y se extrajo 1 mL de la misma muestra utilizando, a su vez, una jeringa para espacio de cabeza e inyectada en el cromatógrafo; el análisis fue llevado a cabo en dos melones de cada tratamiento en cada uno de los tiempos de almacenamiento. El CO₂ y oxígeno se determinaron en un cromatógrafo de gases HP 6820 (Agilente Technology, CA, EUA) adaptado con una columna empacada Alltech CTR I (Alltech Associates, Inc., Deerfield, Illinois, EUA) de seis pies por un cuarto de pulgada y un detector de conductividad térmica; la temperatura del inyector fue de 20 °C, la del detector a 170 °C y la del horno de 35 °C. La determinación del etileno se realizó en el mismo cromatógrafo con una columna Carboxen (Supelco, PA, EUA) de 30 m x 0.5 mm x 0.25 μm y usando el detector de ionización en flama; la temperatura de inyector fue de 120 °C y la del detector de 250 °C; la temperatura del horno fue gradualmente subiendo desde 35 °C hasta 120 °C. Las lecturas del cromatógrafo se registraron y analizaron con el software Agilente Cerity NDS (Agilent Technologies, EUA) y comparadas con una curva de calibración de estándar de CO₂ y etileno, respectivamente. De los valores de CO₂ y O₂ se obtuvo la relación de los mismos por medio de la división de sus valores numéricos.

5.5. ANALISIS DE TEXTURA

Para evaluar la textura superficial del melón entero, se midió la firmeza de las muestras por el método de punción usando el texturómetro Texture Analyser TA-XT2i®, equipado con el software Texture Expert Exceed 2.1. (Microsystem, Londres Inglaterra). Se utilizó un punzón de punta redondeada de media pulgada de diámetro, una velocidad del cabezal de 1.5 mm s^{-1} y una distancia de recorrido de 2 mm. El análisis se llevó a cabo en cuatro melones de cada unidad experimental de los tratamientos, en cada uno de los puntos determinados durante el almacenamiento; y se registró la fuerza máxima obtenida en Newtons (N).

La textura interna se evaluó tomando la pulpa de dos melones al azar de cada tratamiento, en cada uno de los tiempos de almacenamiento. Se obtuvieron 20 cilindros de 1 cm de diámetro por 1 cm de altura de cada melón y se sometieron a compresión en el texturómetro, con un plato de 5 cm de diámetro hasta que se redujo su altura en un 75 %. La velocidad de pre-prueba fue de 5 mm s^{-1} y la de prueba de 2 mm s^{-1} , seguido de una velocidad de retorno de 5 mm s^{-1} . Se obtuvo la fuerza máxima de compresión.

5.6. DETERMINACION DEL ÍNDICE DE DAÑOS POR FRÍO (IDF)

La determinación del IDF se realizó analizando las manchas y hundimientos superficiales característicos, utilizando la escala de cero a cuatro propuesta por García *et al.* (2005), donde cero corresponde a fruto sin daño; uno se refiere a daño ligero, cuando el 10 % o menos de la superficie del fruto está dañada; dos cuando el daño estaba en 10-15 % de la superficie; tres se asigna si 15-25 % de la superficie estaba dañada; y cuatro en caso de que el daño fuera notorio en más del 25 % de la superficie del fruto. El ensayo se realizó por dos personas con experiencia en la determinación. La extensión del daño se describe como IDF, el cual se define como la multiplicación del número de

frutos dañados por el número de la escala correspondiente. Los productos resultantes se suman y se dividen entre el número total de frutos del lote, de acuerdo con la fórmula:

$$\text{IDF} = [(n)0 + (n)1 + (n)2 + (n)3 + (n)4]/N$$

Donde: n = Número de frutos dañados; N = Número de frutos por grupo.

5.7. CUANTIFICACION DE LA PÉRDIDA DE PESO

El monitoreo del peso de los frutos fue realizado en una balanza granataria digital Ohaus (Ohaus de México). El valor de pérdida de peso se determinó por diferencia entre las muestras a los tiempos de almacenamiento descritos. Se seleccionaron cinco melones por lote experimental, cuidando que tuvieran peso y tamaño uniforme. La medición se realizó en las mismas muestras a lo largo del periodo de almacenamiento.

5.8. DETERMINACIÓN DE ACIDEZ

Se tomaron 100 g de pulpa de dos melones por tratamiento y se mezclaron individualmente en una licuadora. La muestra obtenida se filtró con un embudo adaptado con fibra de vidrio; se tomaron 5 mL de filtrado y se mezclaron con 50 mL de agua destilada previamente neutralizada (pH de siete utilizando NaOH 0.01 N o HCl 0.01 N según fuera el caso). A la mezcla obtenida se le agregaron dos gotas de fenolftaleina y se tituló con NaOH al 0.01 N hasta el vire. Posteriormente se midió el pH con un potenciómetro Orión 420A (Thermo Fisher Scientific Inc., EUA) para verificar que la lectura estuviera entre 8.2–8.3.

5.9. ANÁLISIS DE SÓLIDOS SOLUBLES

Para este análisis se utilizó el refractómetro digital Reichert AR600 (Reichert Analytical Instruments, NY, EUA). Antes de realizar la medición se calibró el equipo con agua destilada; luego se tomó 1 mL del filtrado previamente obtenido en la determinación de acidez, se colocó en la ventana del refractómetro y se midió directamente.

5.10. ANÁLISIS DE COMPUESTOS AROMÁTICOS

A 125 g de muestra compuesta, a partir de 2 melones por repetición por tratamiento, se le agregaron 125 mL de galato de n-propilo (10 mM) y fueron homogenizadas en una mezcladora por 2 min y 1 min con el homogeneizador IKA. La mezcla fue centrifugada (4500 rpm, 20 min, 4°C) y el sobrenadante filtrado en cedazo de acero inoxidable de 0.5 mm. Se preparó una solución de 5 estándares de los compuestos volátiles presentes en el melón y se corrieron las pruebas de porcentaje de recuperación. La solución de estándares fue preparada a 40 ppm en diclorometano. Posteriormente, 150 mL de la solución de estándares (conteniendo metilbutanol, etilbutirato, butilacetato, etilcaproato y benzilalcohol) o el jugo preparado, fueron extraídos tres veces con 50 mL de diclorometano (3 x 15 min) bajo agitación constante a una temperatura de 4 °C. El solvente fue removido usando un equipo kuderna-danish a 70°C hasta 8 mL y un microkuderna a 45°C hasta 1 mL. El concentrado fue inyectado en el cromatógrafo de gases HP 6820 con detector de ionización en flama y una columna capilar DB-5 de 30 x 0.25 x 0.25 (Supelco, PA, EUA). Las lecturas del cromatógrafo se registraron y analizaron con el software Agilente Cerity NDS y comparadas con una curva de calibración de estándar de los compuestos mencionados para obtener las ppm de los mismos.

5.11. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LIPASA Y PECTINMETILESTERASA.

5.11.1. Preparación de la muestra

La fruta fue procesada con una modificación del método descrito por Lamikanra and Watson (2004). Se utilizaron rebanadas del centro de la fruta (ecuador) de medidas aproximadas de 80 x 30 x 2 mm de cada tratamiento. A 40 g de rebanadas de melón se les agregó 80 mL de buffer de Tris (pH 7.8, 0.05 M) y se homogenizó en una mezcladora por 2 min para después ser centrifugada a 4°C y 4800 G durante 30 min. El sobrenadante se mezcló con sulfato de amonio de manera de obtener una concentración del mismo de 60% y se colocó en un congelador a -18°C por 1 hora. La mezcla fue entonces centrifugada a 4°C y 4800 g por 1 hora. El sobrenadante fue descartado y los residuos se homogenizaron en 4 ml de Tris por 1 min. La mezcla fue centrifugada a 4°C y 4800 G por 1.5 horas. El sobrenadante fue la muestra para ensayo de la actividad enzimática.

5.11.2. Actividad de lipasa

La actividad de esta enzima fue realizada con una modificación del método propuesto por Lamikanra and Watson (2004). Se usó laurato de p-nitrofenilo (p-NPL) como sustrato. El p-NPL se preparó mezclando 0.0135 g del mismo con 0.017 g de dodecil sulfato de sodio en 100 mL con Triton X-100 al 1% y calentada a 65°C por 25 min. en un baño maría. La mezcla fue agitada en vortex y se permitió atemperar a temperatura ambiente antes de su uso. Se mezcló 1 ml de la solución de p-NPL, 1 mL de buffer de Tris (0.005 M y pH de 8.2) y 0.66 mL de extracto. La reacción inició con la adición del extracto enzimático, se agitó con vortex e inmediatamente se colocó en un

espectrofotómetro HACH DR-4000U UV-Visible (EUA). El aumento en la absorbancia fue monitoreado a una longitud de onda de 410 nm. Se usó un blanco sin el extracto enzimático como control de referencia. La actividad enzimática fue medida como la velocidad de la reacción entre los 10 s y los 70 s del tiempo de reacción.

5.11.3. Actividad de la pectinmetilesterasa

Esta prueba fue realizada con una modificación del método propuesto por Hagerman and Austin (1986) y Lamikanra and Watson (2003). Una solución de ester D-metilo de ácido poligalacturónico (0.1 %) se preparó en una solución de NaCl 0.4 M. Se usó como indicador azul de bromotimol 0.01% en un buffer de fosfato de potasio. Antes de cada reacción, la solución péctica (2.5 mL) fue ajustada a un pH de 7.5 con NaOH 2 M. A la solución péctica se le adicionó el azul de bromotimol (0.2 mL), 0.1 mL del extracto enzimático y agitado en vortex. La muestra fue leída a una absorbancia a 620 nm en 20 y 80 s para determinar la velocidad de la reacción.

5.12. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento fue llevado a cabo con un diseño factorial 4x5, teniendo 4 tratamientos (CONTROL, HIDRO, PEL e HIPEL) y 5 tiempo (0, 4, 8, 12, 16 y 20 días) y 4 repeticiones por tratamiento. El análisis de los datos obtenidos fue realizado por Análisis de Varianza usando el software SAS 5.0; y la comparación de medias de los tratamientos utilizando el método Diferencia Mínima Significativa.

6. RESULTADOS

6.1. CO₂, CO₂/O₂ Y ETILENO

La aplicación de una cubierta a base de HPMC-parafina e hidrogenofriamiento no ocasionó diferencias en la generación de CO₂ en el fruto almacenado a 8°C; sólo se presentó una mayor liberación de este gas en los frutos analizados en el tiempo inicial (aproximadamente de 40-50 min después de la aplicación de la película), donde los melones cubiertos liberaron menor cantidad del CO₂. Sin embargo, cuando los melones eran colocados en el frigorífico, la producción de este gas bajaba significativamente y no había diferencia entre tratamientos durante el almacenamiento (Tabla 4).

También, se pudo observar que la concentración de los gases internos del fruto (CO₂, O₂ y etileno) tuvo un comportamiento diferente al del CO₂ liberado, ya que se evidenció mayor cantidad de CO₂ y menores valores de oxígeno (P<0.05) en los melones cubiertos con la película (PEL E HIPEL) al inicio del experimento y en los días 4, 12, 16 y 20 de almacenamiento (Tablas 5); denotando relaciones aproximadas de 1/1 (CO₂/O₂) en los melones con la película, lo que pudo generar una atmósfera modificada en estas muestras; mientras que en los no cubiertos esta relación fue de aproximadamente 1/10 (Tabla 6) teniendo concentraciones de O₂ para llevarse a cabo el metabolismo del fruto en forma normal. Cabe destacar que esta relación de gases (CO₂/O₂) fue mayor en los melones cubiertos a lo largo del periodo de almacenamiento (Figura 1).

Por otra parte, la concentración de etileno en el espacio interno de los melones con película fue más alta que en el melón no cubierto en los periodos de 4, 12, 16 y 20

días de almacenamiento ($P<0.05$) (Tabla 7); incrementándose conforme aumentaba el tiempo de almacenamiento, alcanzando concentraciones de hasta 200 ppm (Figura 2).

6.2. TEXTURA

Se evidenció un decremento gradual en la textura de la superficie (cáscara) del melón a lo largo de los 20 días de almacenamiento en todos los tratamientos analizados (Tabla 8). Sin embargo, la disminución fue menor en los frutos cubiertos con la película (PEL e HIPEL), los cuales presentaron mayores valores de textura ($P<0.05$) que las muestras CONTROL e HIDRO, a los 20 días de almacenamiento.

En lo que se refiere a la firmeza de la pulpa, los melones cubiertos con la película mostraron un descenso más rápido ($P<0.05$) en la textura durante los primeros cuatro días de almacenamiento (Figura 2), pero los frutos de PEL presentaron mayor textura a los 12 y 16 días, manteniéndose la firmeza de estas muestras por un mayor tiempo (Tabla 9).

Tabla 4. Resultados de la media de la emisión de CO₂ (mL) del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento

TRATAMIENTO	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)					
	0	4	8	12	16	20
CONTROL ¹	1.83 ^{aA}	0.594 ^{aB}	0.729 ^{aB}	0.736 ^{aB}	0.768 ^{aB}	0.875 ^{aB}
HIDRO ²	1.702 ^{aA}	0.569 ^{aB}	0.534 ^{aB}	0.643 ^{aB}	0.734 ^{aB}	0.874 ^{aB}
PEL ³	1.107 ^{bA}	0.667 ^{aB}	0.660 ^{aB}	0.509 ^{aB}	0.759 ^{aB}	0.916 ^{aB}
HIPEL ⁴	1.305 ^{bA}	0.831 ^{aB}	0.601 ^{aB}	0.557 ^{aB}	0.753 ^{aB}	0.744 ^{aB}

¹CONTROL son las muestras sin aplicación de hidrogenfriamiento y sin cubierta de HPMC-parafina

²HIDRO frutos hidrogenfriados en agua a 4°C durante 35 minutos

³PEL melón con una cubierta en la superficie a base de HPMC y parafina

⁴HIPEL muestras con aplicación de hidrogenfriamiento y cubierta

Superíndices diferentes en minúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre filas en un mismo tiempo

Superíndices diferentes en mayúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre columnas en un mismo tratamiento

Tabla 5. Resultados de la media de CO₂ interno (ppm) del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento

TRATAMIENTO	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)					
	0	4	8	12	16	20
CONTROL¹	73760.7 ^{aA}	21387.5 ^{aB}	35805.9 ^{aB}	35704.1 ^{aB}	58757.8 ^{aA}	69898.4 ^{aA}
HIDRO²	57528.6 ^{aA}	20283.6 ^{aBC}	29320.9 ^{aBC}	34177.4 ^{aAC}	48342.6 ^{aAC}	68747.5 ^{aA}
PEL³	118140.5 ^{bA}	46831.9 ^{bB}	58160.2 ^{aB}	70026.3 ^{bBC}	72461.1 ^{aC}	125525.8 ^{bA}
HIPEL⁴	117141.0 ^{bA}	55401.8 ^{bB}	48715.8 ^{Ab}	63632.6 ^{bB}	95585.2 ^{bA}	108088.1 ^{bA}

¹CONTROL son las muestras sin aplicación de hidrogenfriamiento y sin cubierta de HPMC-parafina

²HIDRO frutos hidrogenfriados en agua a 4°C durante 35 minutos

³PEL melón con una cubierta en la superficie a base de hidroxipropilmetilcelulosa al 2.5% y parafina al 20%

⁴HIPEL muestras con aplicación de hidrogenfriamiento y cubierta

Superíndices diferentes en minúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre filas en un mismo tiempo

Superíndices diferentes en mayúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre columnas en un mismo tratamiento

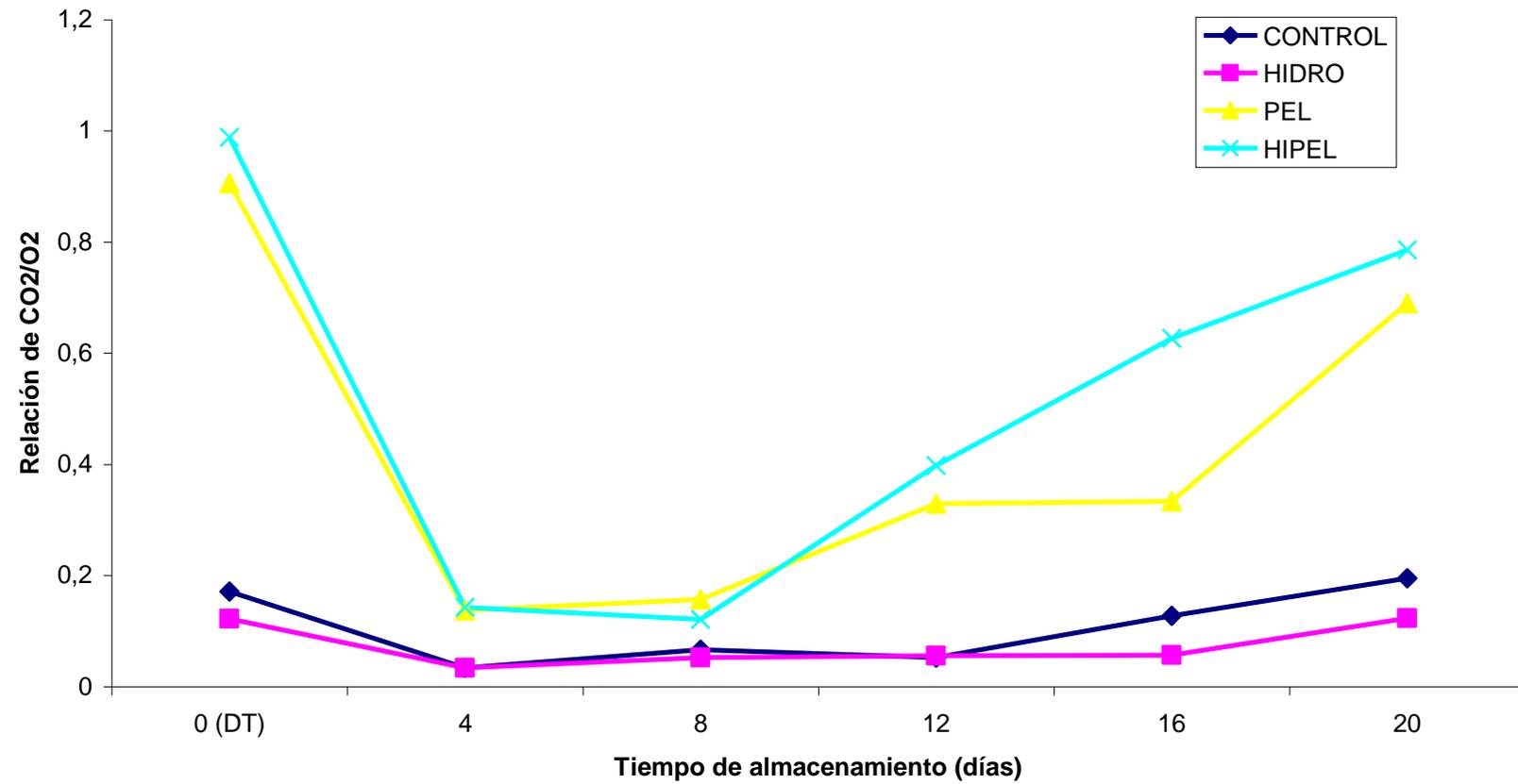


Figura 1. Gráfica de resultados de la media de relación de CO₂/O₂ de melones tratados con cubiertas e hidrogenfriamiento en diferentes tiempos de almacenamiento en frío.

Tabla 6. Resultados de la media de la relación CO₂/O₂ del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)

TIPO DE PELICULA	0	4	8	12	16	20
CONTROL ¹	0.17 ^{aA}	0.034 ^{aA}	0.066 ^{aA}	0.052 ^{aA}	0.127 ^{aA}	0.195 ^{aA}
HIDRO ²	0.127 ^{aA}	0.033 ^{aA}	0.052 ^{aA}	0.055 ^{aA}	0.056 ^{aA}	0.123 ^{aA}
PEL ³	0.90 ^{bA}	0.137 ^{aB}	0.156 ^{aB}	0.329 ^{bB}	0.333 ^{bB}	0.690 ^{bA}
HIPEL ⁴	0.988 ^{bA}	0.143 ^{aB}	0.120 ^{aB}	0.397 ^{bC}	0.626 ^{bD}	0.785 ^{bAD}

¹CONTROL son las muestras sin aplicación de hidrogenfriamiento y sin cubierta de HPMC-parafina

²HIDRO frutos hidrogenfriados en agua a 4°C durante 35 minutos

³PEL melón con una cubierta en la superficie a base de hidroxipropilmetilcelulosa al 2.5% y parafina al 20%

⁴HIPEL muestras con aplicación de hidrogenfriamiento y cubierta

Superíndices diferentes en minúsculas determinan diferencias significativas (p<0.05) entre filas en un mismo tiempo

Superíndices diferentes en mayúsculas determinan diferencias significativas (p<0.05) entre columnas en un mismo tratamiento

Tabla 7. Resultados de la media de la concentración de etileno interno del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)

TIPO DE PELICULA	0	4	8	12	16	20
CONTROL ¹	57,54 ^{aA}	32,03 ^{aA}	55,34 ^{aA}	55,28 ^{aA}	131,40 ^{aB}	78,87 ^{aA}
HIDRO ²	27,43 ^{aAC}	29,54 ^{aA}	40,97 ^{aAB}	77,42 ^{aBC}	58,66 ^{bAC}	91,40 ^{aC}
PEL ³	36,32 ^{aA}	75,76 ^{bA}	61,24 ^{aA}	138,25 ^{bB}	194,19 ^{cB}	161,71 ^{bB}
HIPEL ⁴	53,36 ^{aA}	79,76 ^{bA}	47,37 ^{aA}	77,83 ^{aA}	207,84 ^{cB}	153,56 ^{bC}

¹CONTROL son las muestras sin aplicación de hidrogenfriamiento y sin cubierta de HPMC-parafina

²HIDRO frutos hidrogenfriados en agua a 4°C durante 35 minutos

³PEL melón con una cubierta en la superficie a base de hidroxipropilmetilcelulosa al 2.5% y parafina al 20%

⁴HIPEL muestras con aplicación de hidrogenfriamiento y cubierta

Superíndices diferentes en minúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las filas en un mismo tiempo

Superíndices diferentes en mayúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre columnas en un mismo tratamiento

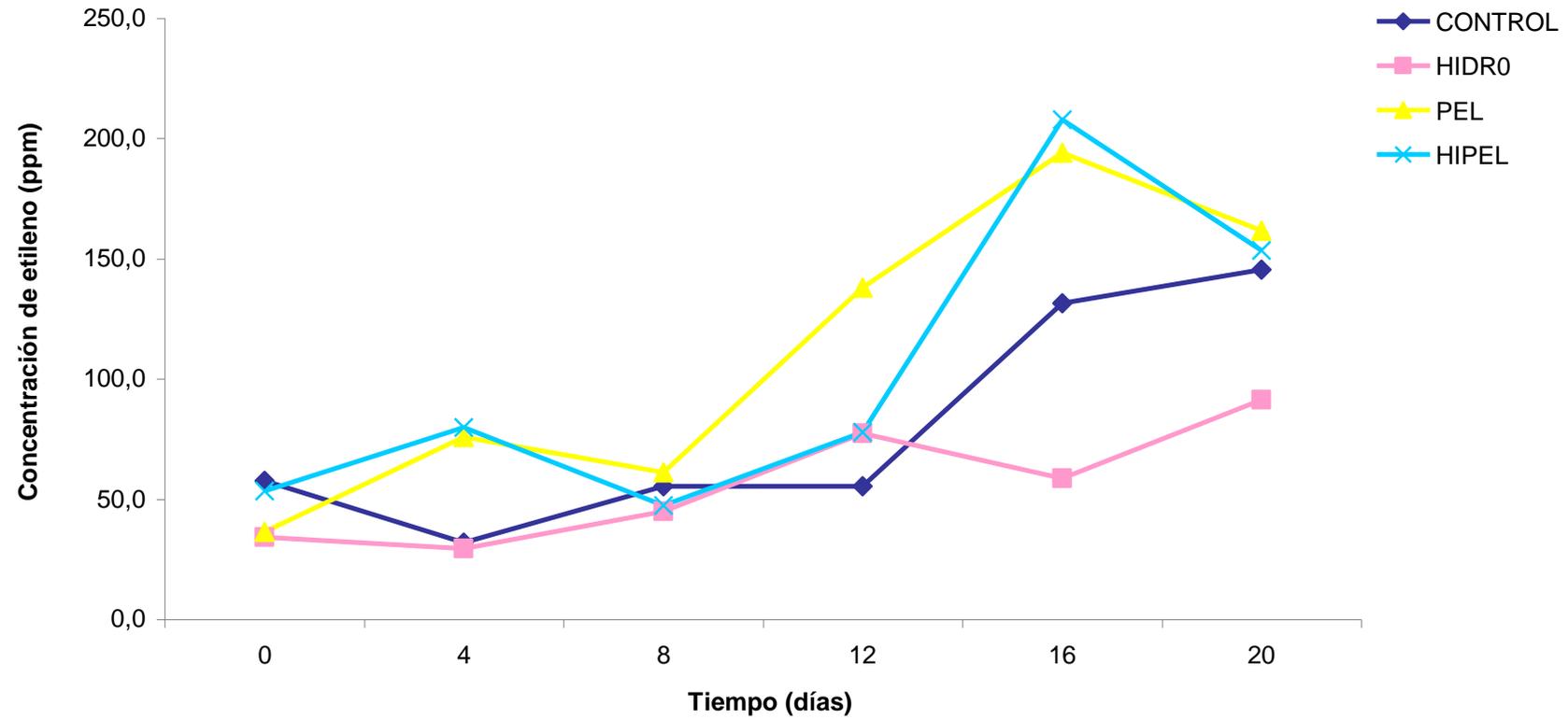


Figura 2. Concentración de etileno en el interior de melones sin tratamiento (CONTROL), hidrogenfriados (HIDRO), con cubierta (PEL) e hidrogenfriados con cubierta (HIPEL) en diferentes tiempo de almacenamiento en frío

6.3. ACIDEZ Y SÓLIDOS SOLUBLES

La acidez titulable de los frutos con cubierta (PEL e HIPEL) no varió ($P>0.05$) durante los 20 días de almacenamiento conservándose la concentración de ácidos orgánicos en estos frutos. En cambio, los melones sin cubierta (CONTROL e HIDRO) presentaron un aumento en los valores de AT a los 12 días de almacenamiento (Tabla 10).

En este estudio no se observaron diferencias ($P>0.05$) entre el contenido de sólidos solubles de los melones de los diferentes tratamientos a lo largo del periodo de estudio, obteniéndose valores entre 8.6 a 10.4.

6.4. ÍNDICE DE DAÑO POR FRÍO

Los resultados obtenidos en el estudio muestran que las frutas permanecieron en óptimas condiciones, sin DF, hasta los cuatro días de almacenamiento en refrigeración, pero en el análisis de los ocho días se observó un mayor daño en los melones sin cubierta polimérica en comparación con las muestras cubiertas ($P<0.05$), las cuales no presentaban signo de dichas alteraciones (Tabla 11). Esta tendencia permaneció a lo largo del almacenaje a 12, 16 y 20 días presentándose mayores daños por frío en los frutos sin la cubierta (figura 4).

Los resultados muestran que el uso de cubierta a base de HPMC y parafina disminuye la aparición de este tipo de fenómenos en melón Cantaloupe, ya que a los 20 días del estudio, los frutos mostraban un DF promedio de 2.6 el cual se considera aún apto para venta, no así las muestras control (Fernández *et al.*, 1999).

Tabla 8. Resultados de la media de firmeza (N) externa del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento

TIPO DE PELICULA	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)					
	0	4	8	12	16	20
CONTROL¹	23.41 ^{aA}	16.97 ^{aB}	12.36 ^{aC}	10.95 ^{aCD}	9.63 ^{aDE}	7.85 ^{aE}
HIDRO²	24.84 ^{aA}	17.15 ^{aB}	12.24 ^{aC}	10.79 ^{aCD}	9.52 ^{aDE}	7.65 ^{aE}
PEL³	23.67 ^{aA}	16.99 ^{aB}	13.50 ^{aC}	11.97 ^{aCD}	11.60 ^{aCD}	10.42 ^{bD}
HIPEL⁴	24.51 ^{aA}	17.37 ^{aB}	12.54 ^{aC}	11.33 ^{aC}	10.73 ^{aC}	10.28 ^{bC}

¹CONTROL son las muestras sin aplicación de hidrogenfriamiento y sin cubierta de HPMC-parafina

²HIDRO frutos hidrogenfriados en agua a 4°C durante 35 minutos

³PEL melón con una cubierta en la superficie a base de hidroxipropilmetilcelulosa al 2.5% y parafina al 20%

⁴HIPEL muestras con aplicación de hidrogenfriamiento y cubierta

Superíndices diferentes en minúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre filas en un mismo tiempo

Superíndices diferentes en mayúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre columnas en un mismo tratamiento

Tabla 9. Resultados de la media de firmeza (N) interna del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento

TIPO DE PELICULA	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)					
	0	4	8	12	16	20
CONTROL ¹	54.03 ^{aA}	49.54 ^{aA}	48.25 ^{aA}	38.05 ^{aB}	39.05 ^{aB}	33.24 ^{aB}
HIDRO ²	58.14 ^{aA}	51.87 ^{aAB}	44.78 ^{aB}	39.73 ^{bcA}	34.69 ^{aC}	37.84 ^{aC}
PEL ³	56.51 ^{aA}	42.31 ^{aB}	42.59 ^{aB}	45.90 ^{bB}	49.77 ^{bAB}	37.00 ^{aB}
HIPEL ⁴	60.67 ^{aA}	47.45 ^{aB}	46.52 ^{aB}	38.55 ^{aC}	41.85 ^{aBC}	36.85 ^{aC}

¹CONTROL son las muestras sin aplicación de hidrogenfriamiento y sin cubierta de HPMC-parafina

²HIDRO frutos hidrogenfriados en agua a 4°C durante 35 minutos

³PEL melón con una cubierta en la superficie a base de hidroxipropilmetilcelulosa al 2.5% y parafina al 20%

⁴HIPEL muestras con aplicación de hidrogenfriamiento y cubierta

Superíndices diferentes en minúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre filas en un mismo tiempo

Superíndices diferentes en mayúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre columnas en un mismo tratamiento

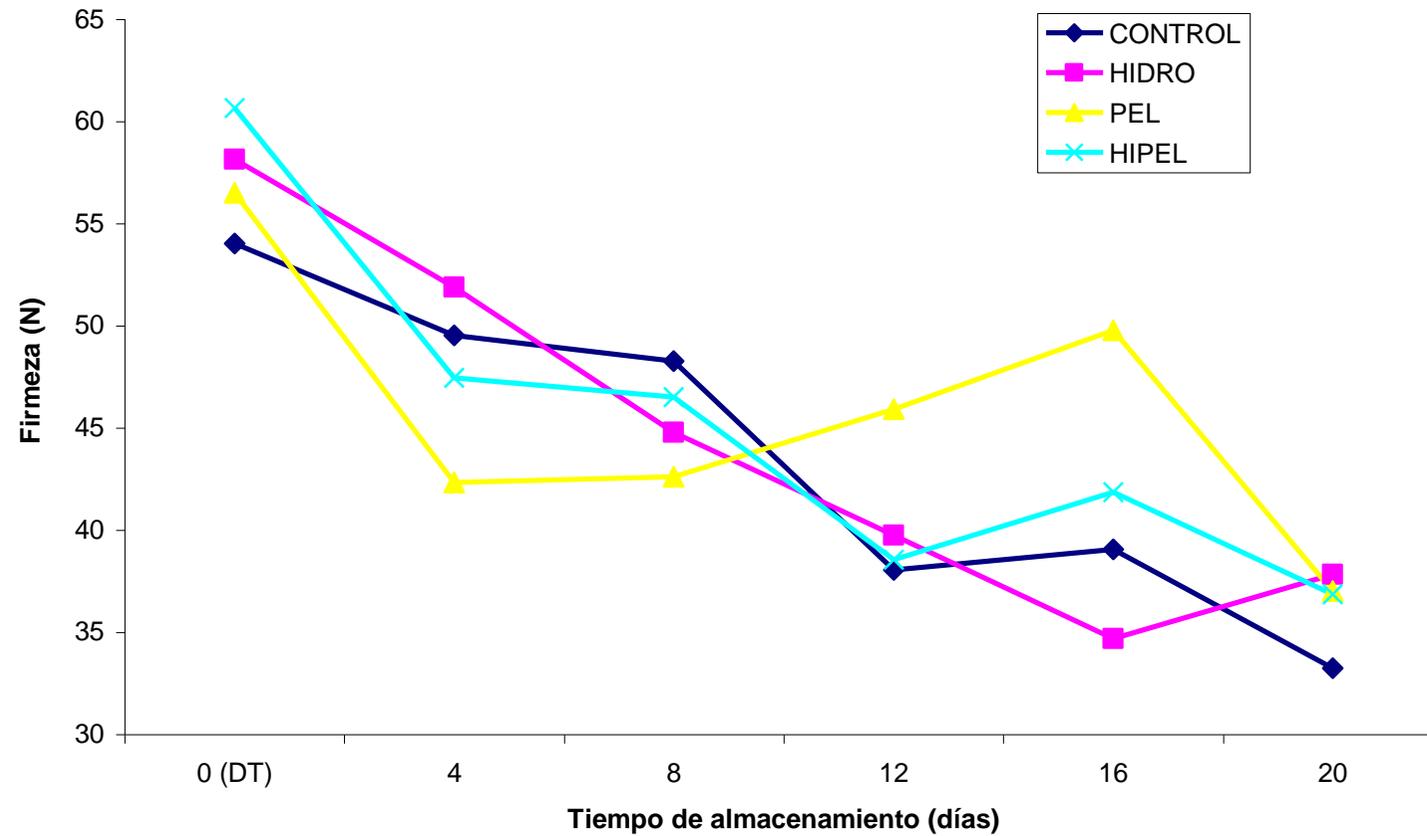


Figura 3. Gráfica de resultados de la media de firmeza interna (N) de melones tratados con cubiertas e hidroenfriamiento en diferentes tiempos de almacenamiento en frío.

Tabla 10. Resultados de la aplicación de hidrogenfriamiento y películas polimericas sobre la acidez de melón (como ml de NaOH 0.01 N)

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)						
TIPO DE PELICULA	0	4	8	12	16	20
CONTROL¹	2.67 ^{aA}	2.82 ^{aA}	2.925 ^{aA}	3.37 ^{aB}	3.17 ^{aB}	3.320 ^{aB}
HIDRO²	2.53 ^{aA}	3.05 ^{aBC}	2.875 ^{aAC}	3.5 ^{aB}	3.12 ^{aBC}	3.525 ^{aB}
PEL³	2.67 ^{aA}	2.95 ^{aA}	2.8 ^{aA}	2.675 ^{bA}	2.90 ^{aA}	3.025 ^{aA}
HIPEL⁴	3.03 ^{aA}	2.55 ^{aA}	2.87 ^{aA}	2.70 ^{bA}	2.75 ^{aA}	3.025 ^{aA}

¹CONTROL son las muestras sin aplicación de hidrogenfriamiento y sin cubierta de HPMC-parafina

²HIDRO frutos hidrogenfriados en agua a 4°C durante 35 minutos

³PEL melón con una cubierta en la superficie a base de hidroxipropilmetilcelulosa al 2.5% y parafina al 20%

⁴HIPEL muestras con aplicación de hidrogenfriamiento y cubierta

Superíndices diferentes en minúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre filas en un mismo tiempo

Superíndices diferentes en mayúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre columnas en un mismo tratamiento

Tabla 11. Resultados de la media de los Índices de daños por frío del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)

TIPO DE PELICULA	0	4	8	12	16	20
CONTROL¹	0.0 ^{aA}	0.062 ^{aA}	0.43 ^{aA}	1.5 ^{aB}	2.43 ^{aC}	3.12 ^{aD}
HIDRO²	0.0 ^{aA}	0.0 ^{aA}	0.37 ^{aA}	1.56 ^{aB}	2.56 ^{aC}	3.18 ^{aD}
PEL³	0.0 ^{aA}	0.0 ^{aA}	0.0 ^{aA}	0.43 ^{bA}	1.31 ^{bB}	2.56 ^{bC}
HIPEL⁴	0.0 ^{aA}	0.0 ^{aA}	0.0 ^{aA}	0.62 ^{bB}	1.18 ^{bC}	2.68 ^{abD}

¹CONTROL son las muestras sin aplicación de hidrogenfriamiento y sin cubierta de HPMC-parafina

²HIDRO frutos hidrogenfriados en agua a 4°C durante 35 minutos

³PEL melón con una cubierta en la superficie a base de hidroxipropilmetilcelulosa al 2.5% y parafina al 20%

⁴HIPEL muestras con aplicación de hidrogenfriamiento y cubierta

Superíndices diferentes en minúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las filas en un mismo tiempo

Superíndices diferentes en mayúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre columnas en un mismo tratamiento

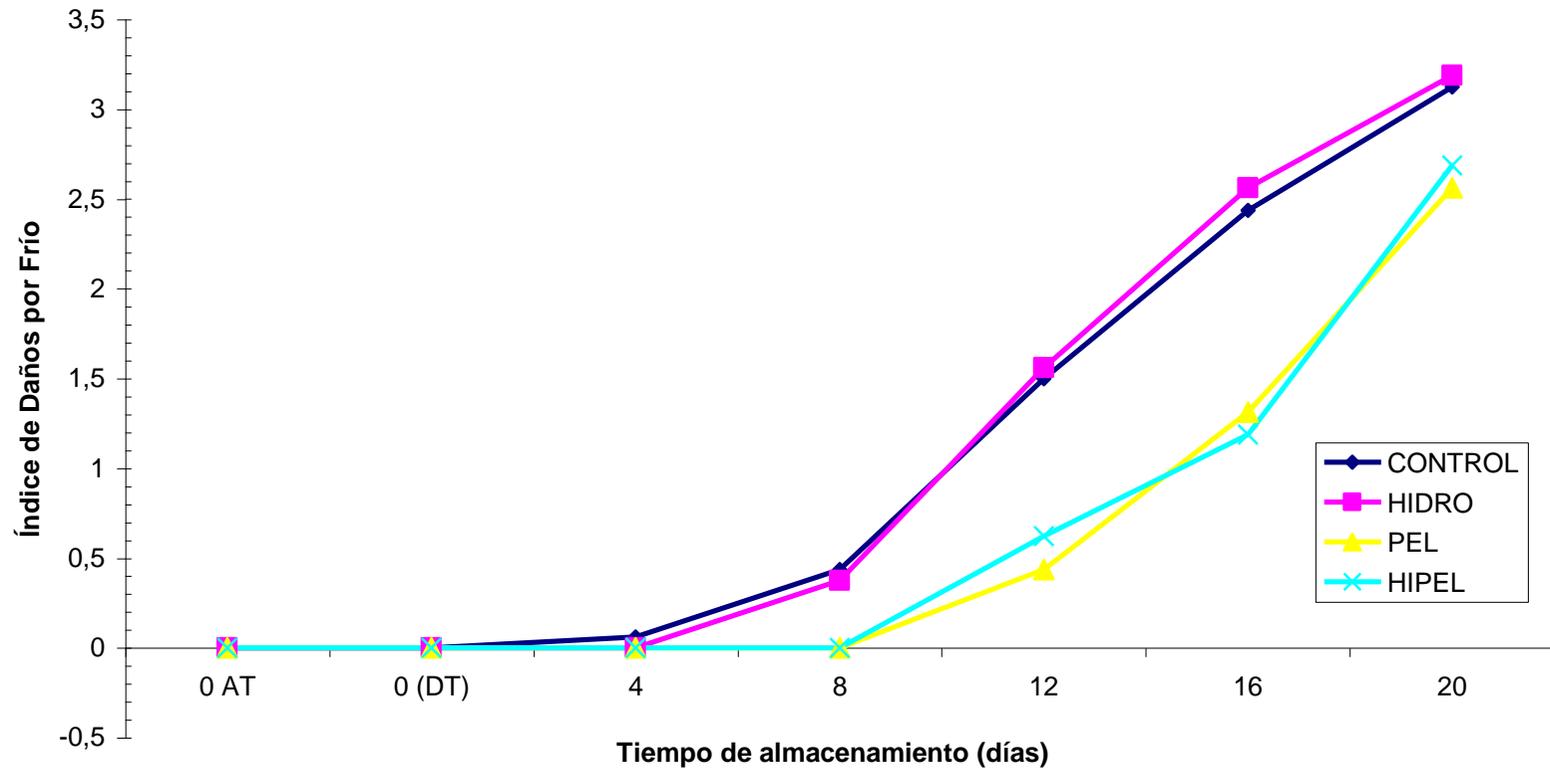


Figura 4. Índice de daños por frío de melones sin tratamiento (CONTROL), hidrogenfriados (HIDRO), con cubierta (PEL) e hidrogenfriados con cubierta (HIPEL) en diferentes tiempos de almacenamiento en frío

6.5. PÉRDIDA DE PESO

Los frutos con cubierta presentaron menores pérdidas de peso que los no cubiertos, aunque las diferencias significativas ($P < 0.05$) se observaron hasta los 12 días de almacenamiento (Tabla 12). Además, la pérdida de peso total acumulada durante el estudio fue menor ($P < 0.05$) en los frutos cubiertos que en los no cubiertos.

6.6. ACTIVIDAD DE LA LIPASA Y PECTINMETILESTERASA

El monitoreo de la actividad de la enzima lipasa mostró que los valores de la misma fueron mayores ($P < 0.05$), a los cuatro días de permanecer en refrigeración, en los frutos con cubierta (PEL e HIPEL) (Tabla 13). También, se observó que esta actividad disminuyó ($P < 0.05$) en mayor proporción en las muestras CONTROL que en los frutos de PEL, observándose un efecto de este tratamiento sobre la actividad de la enzima.

A los resultados obtenidos de la actividad de la lipasa, presentados por los frutos hidrofriados (HIDRO E HIPEL), se les aplicó un análisis de tendencias y se pudo observar que estos melones tuvieron un comportamiento lineal descendente con respecto al tiempo ($p < 0.05$) (Figura 5), por lo que en estos tratamientos es posible predecir una respuesta de su comportamiento.

Por su parte, los resultados obtenidos de la actividad de la PME no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los frutos de los diversos tratamientos al inicio del experimento, pero en el periodo de 8 y 12 días de almacenamiento los melones PEL presentaron una menor ($P < 0.05$) actividad de esta enzima (Figura 6).

Tabla 12. Pérdida de peso (g), promedio y total, de melones experimentales a diferentes tiempos de almacenamiento en refrigeración

DIFERENCIAS DE PESO ENTRE PERIODOS DE ALMACENAMIENTO

TIPO DE PELICULA	P0-P1	P1-P2	P2-P3	P3-P4	P4-P5	P0-P5
CONTROL¹	33.25 ^a	26.87 ^a	25.68 ^a	28.5 ^a	27.56 ^a	143.31 ^a
HIDRO²	31.62 ^a	26.56 ^a	26.75 ^a	25.81 ^a	29.38 ^a	130.3 ^b
PEL³	28.93 ^a	24.06 ^a	23.93 ^a	21.68 ^b	25.43 ^a	123.87 ^{bc}
HIPEL⁴	27.75 ^a	24.37 ^a	22.75 ^a	21.62 ^b	24.75 ^a	118.56 ^c

P0 es el peso de la muestra antes de los tratamientos, P1 peso a los 4 días de almacenamiento, P2 peso a los 8 días de almacenamiento, P3 peso a los 12 días y P4 el peso a los 16 días de almacenamiento del melón y P5 el peso a los 20 días de almacenamiento del melón

¹CONTROL son las muestras sin aplicación de hidrogenofriamiento y sin cubierta de HPMC-parafina

²HIDRO frutos hidrogenofriados en agua a 4°C durante 35 minutos

³PEL melón con una cubierta en la superficie a base de hidroxipropilmetilcelulosa y parafina

⁴HIPEL muestras con aplicación de hidrogenofriamiento y cubierta

Superíndices diferentes en minúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las filas en un mismo tiempo

Superíndices diferentes en mayúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre columnas en un mismo tratamiento

Tabla 13. Resultados de la media de la actividad de la lipasa (medida como la pendiente) del melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento

TIPO DE PELICULA	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)					
	0	4	8	12	16	20
CONTROL ¹	0.0365 ^{aA}	0.0172 ^{aB}	0.0189 ^{aB}	0.0235 ^{aB}	0.0150 ^{aB}	0.0187 ^{aB}
HIDRO ²	0.0296 ^{aA}	0.025 ^{abAB}	0.0223 ^{aAB}	0.0164 ^{aBC}	0.0135 ^{aC}	0.0179 ^{aBC}
PEL ³	0.0324 ^{aA}	0.0291 ^{bAC}	0.0203 ^{aBC}	0.0276 ^{aAC}	0.0132 ^{aB}	0.0217 ^{aBC}
HIPEL ⁴	0.0321 ^{aA}	0.0274 ^{bA}	0.0222 ^{aAB}	0.0175 ^{aB}	0.0155 ^{aB}	0.0156 ^{aB}

¹CONTROL son las muestras sin aplicación de hidrogenfriamiento y sin cubierta de HPMC-parafina

²HIDRO frutos hidrogenfriados en agua a 4°C durante 35 minutos

³PEL melón con una cubierta en la superficie a base de hidroxipropilmetilcelulosa al 2.5% y parafina al 20%

⁴HIPEL muestras con aplicación de hidrogenfriamiento y cubierta

Superíndices diferentes en minúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las filas en un mismo tiempo

Superíndices diferentes en mayúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre columnas en un mismo tratamiento

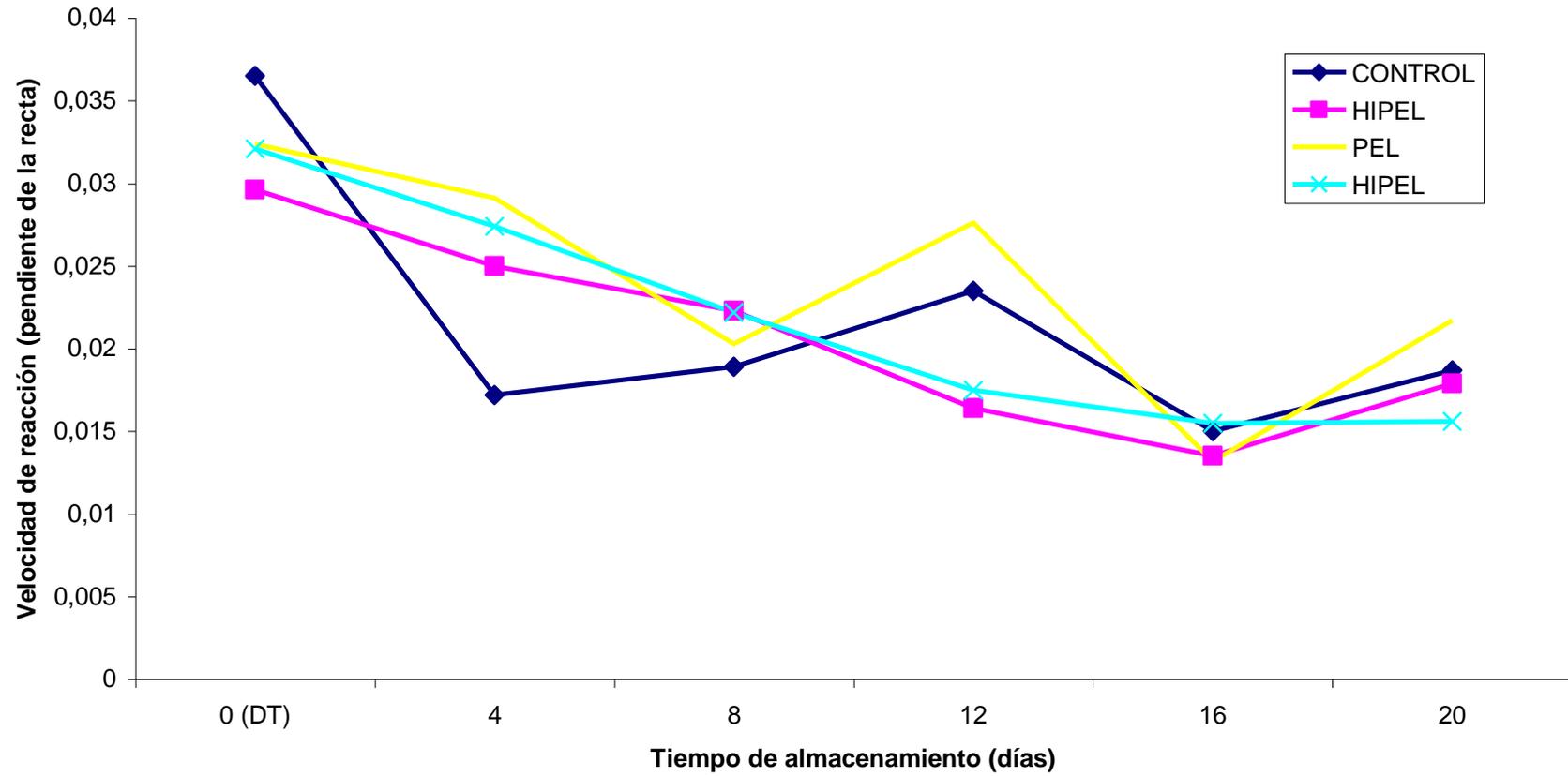


Figura 5. Resultados de la media de la actividad de la lipasa (medida como la pendiente de la recta) de melones tratados con cubiertas e hidroenfriamiento en diferentes tiempos de almacenamiento en frío.

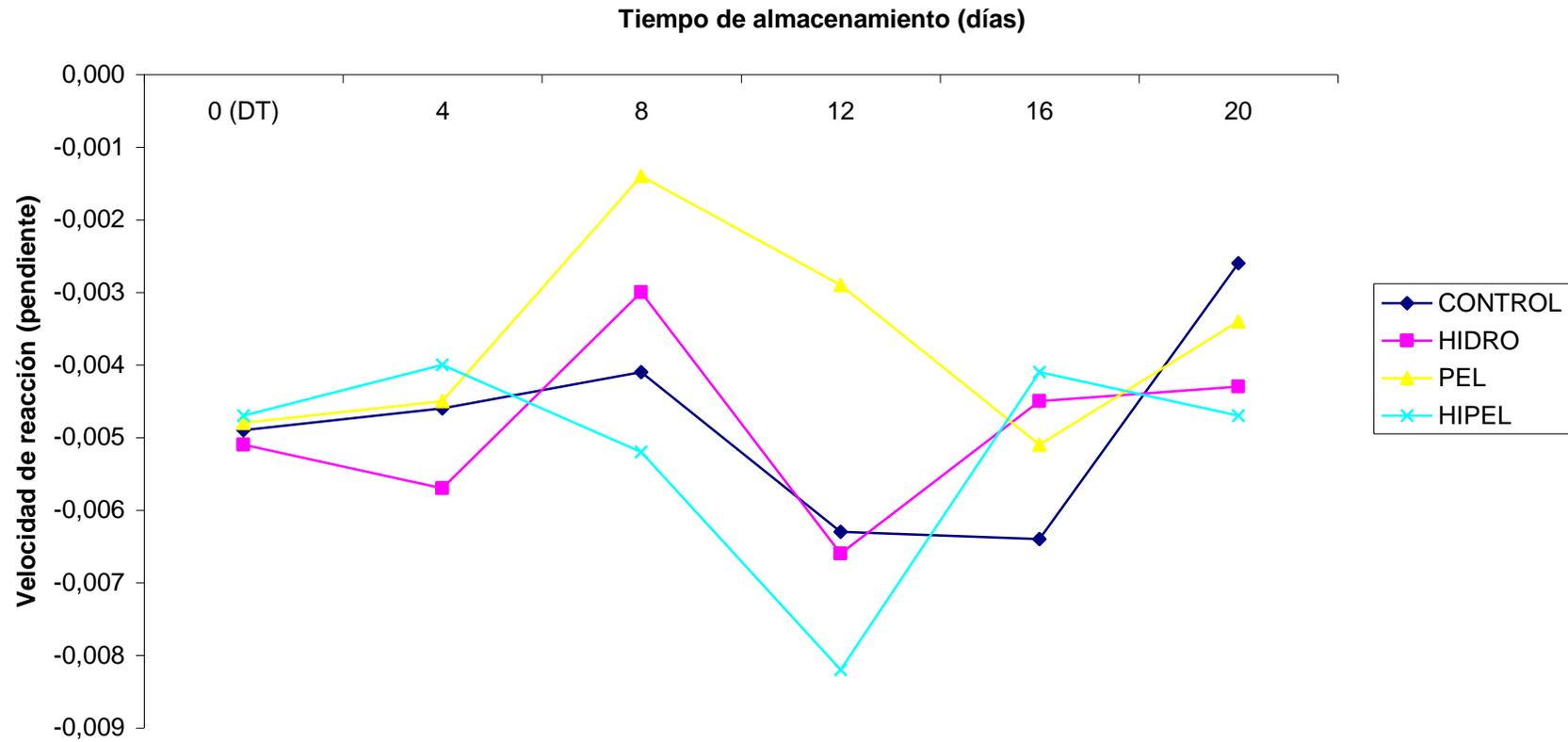


Figura 6. Grafica de resultados de la actividad de la pectinmetilesterasa de melones sin tratamiento (CONTROL), hidrogenfriados (HIDRO), con cubierta (PEL) e hidrogenfriados con cubierta (HIPEL) en diferentes tiempo de almacenamiento en frío

6.7. COMPUESTOS AROMÁTICOS DEL MELÓN

Por cuestiones prácticas, los compuestos monitoreados en este estudio fueron metilbutanol, etilbutirato, butilacetato, etilcaproato y benzilalcohol, o sea, tres ésteres y dos alcoholes.

Los resultados obtenidos en el estudio mostraron que la concentración de los compuestos alcohólicos monitoreados no tuvo cambios ($P > 0.05$) entre los diferentes tratamientos a lo largo del periodo de estudio. Sin embargo, la concentración de los compuestos de tipo éster presentó diferencias ($P < 0.05$) entre las muestras cubiertas (PEL e HIPEL) y las no cubiertas (CONTROL e HIDRO) a los cuatro (Tabla 14 y 15) y ocho días de almacenamiento (Tabla 16). También, se pudo observar que las concentraciones de estos ésteres en las muestras con cubierta tuvieron un comportamiento de “tipo climatérico” (aumento súbito) alcanzando valores máximos de concentración de etilbutirato (figura 7) y etilcaproato (figura 8) a los cuatro días de permanecer en refrigeración; y del butilacetato a los ocho días del mismo almacenaje (figura 9).

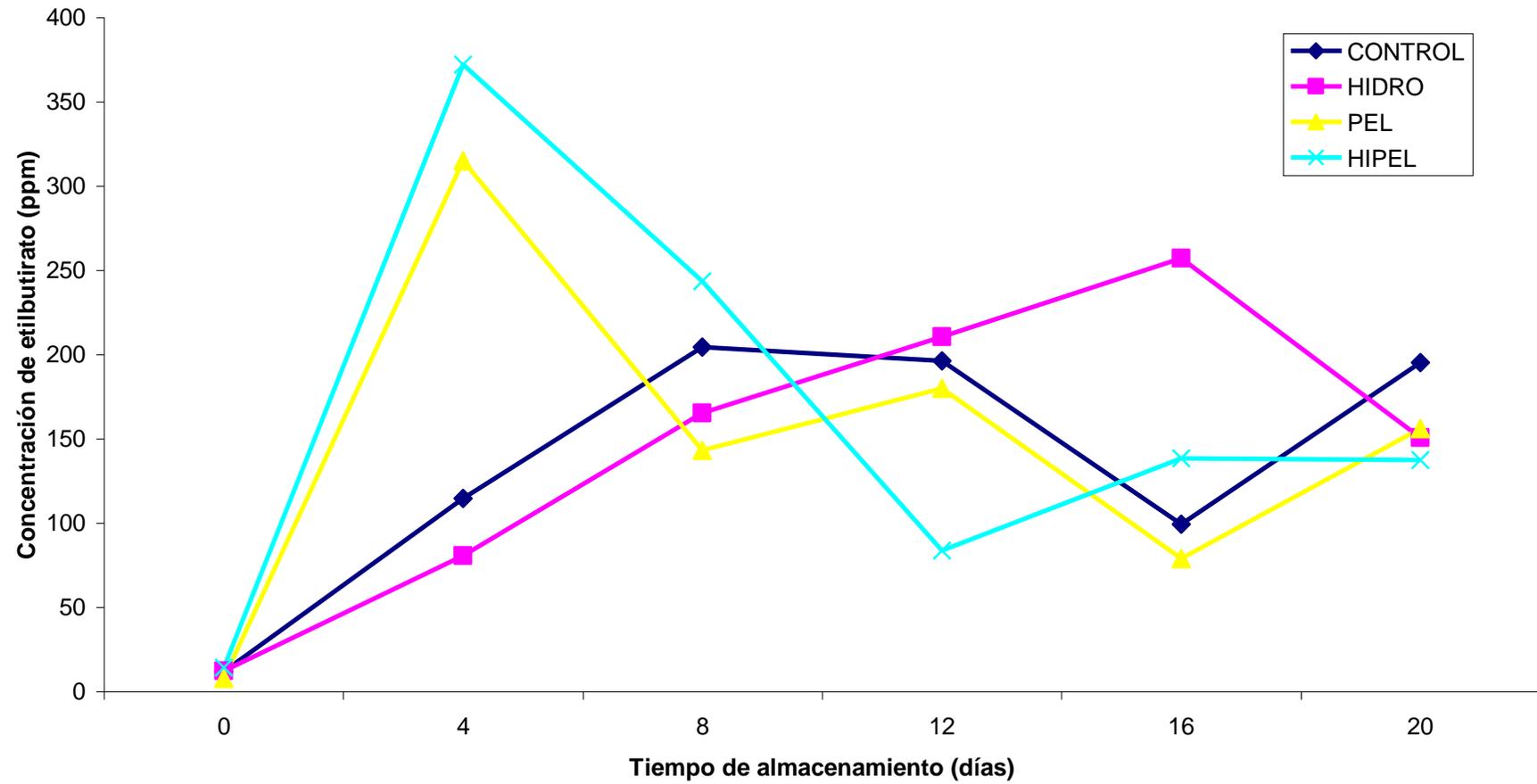


Figura 7. Concentración (ppm) de etilbutirato en melones tratados con cubiertas e hidrogenfriamiento en diferentes tiempos de almacenamiento en frío.

Tabla 14. Resultados de la media de la concentración de etilbutirato (ppm) en melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)

TRATAMIENTO	0	4	8	12	16	20
CONTROL¹	12.0 ^{aA}	114.59 ^{aAC}	204.4 ^{aBC}	196.4 ^{aBC}	99.5 ^{aAC}	195.3 ^{aAC}
HIDRO²	12.3 ^{aA}	80.5 ^{aAB}	165.2 ^{aB}	210.6 ^{aB}	257.0 ^{bB}	150.6 ^{aB}
PEL³	7.78 ^{aA}	315.0 ^{bB}	143.0 ^{aBC}	180.0 ^{aBC}	79.1 ^{bAC}	156.1 ^{aAC}
HIPEL⁴	14.27 ^{aA}	372.2 ^{bB}	243.7 ^{aBC}	83.68 ^{aAC}	138.5 ^{aabAC}	137.3 ^{aAC}

¹CONTROL son las muestras sin aplicación de hidrogenfriamiento y sin cubierta de HPMC-parafina

²HIDRO frutos hidrogenfriados en agua a 4°C durante 35 minutos

³PEL melón con una cubierta en la superficie a base de hidroxipropilmetilcelulosa al 2.5% y parafina al 20%

⁴HIPEL muestras con aplicación de hidrogenfriamiento y cubierta

Superíndices diferentes en minúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las filas en un mismo tiempo

Superíndices diferentes en mayúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre columnas en un mismo tratamiento

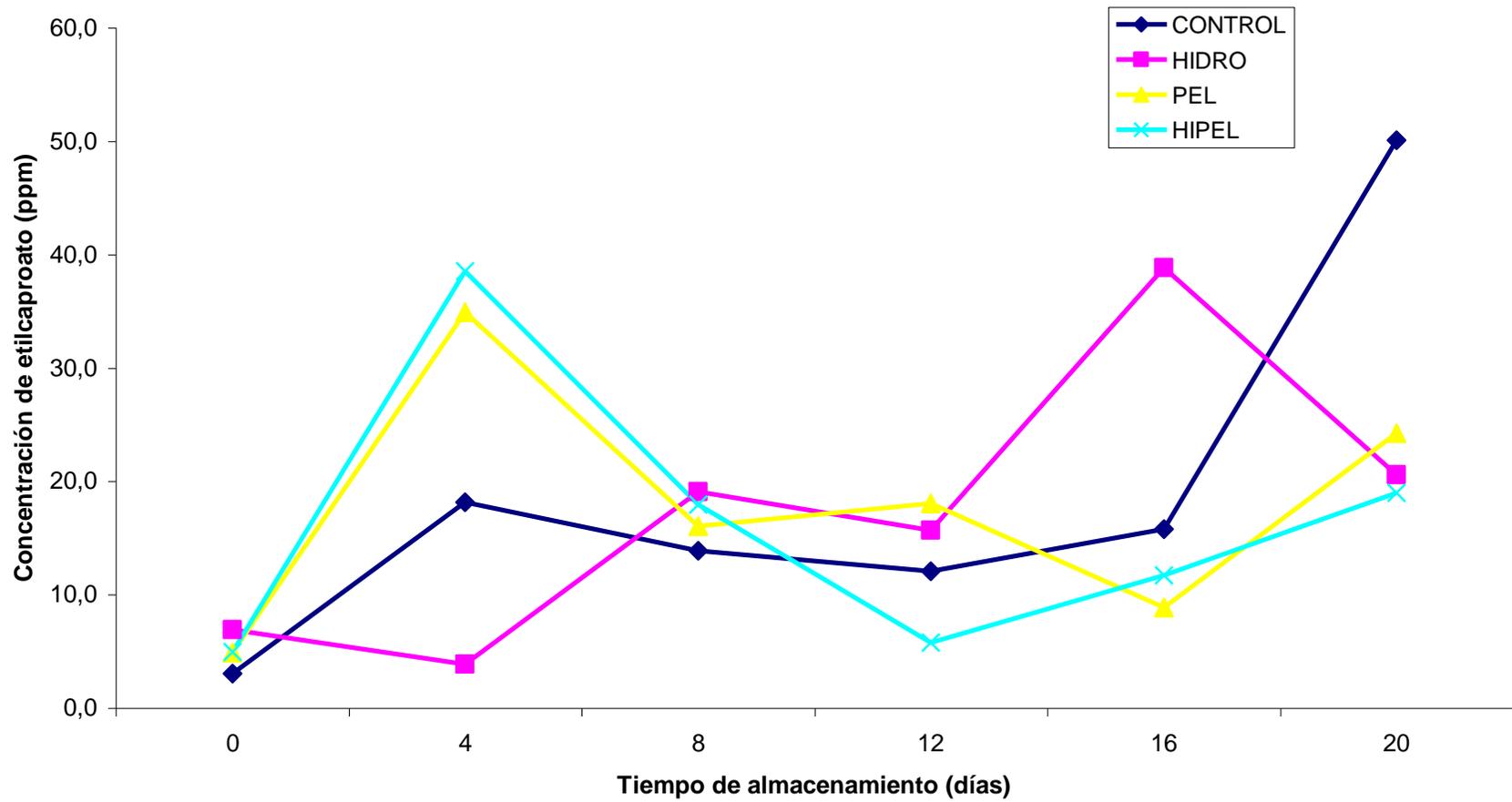


Figura 8. Gráfica de resultados de la media de la concentración de etilcaproato (ppm) de melones tratados con cubiertas e hidrogenfriamiento en diferentes tiempos de almacenamiento en frío.

Tabla 15. Resultados de la media de la concentración de etilcaproato (ppm) en melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento

TRATAMIENTO	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)					
	0	4	8	12	16	20
CONTROL ¹	3,04 ^{aA}	18,16 ^{abA}	13,88 ^{aA}	12,05 ^{aA}	15,77 ^{aA}	50,10 ^{aB}
HIDRO ²	6,92 ^{aA}	3,86 ^{bA}	19,07 ^{aAB}	15,67 ^{aA}	38,83 ^{bB}	20,58 ^{bAB}
PEL ³	4,88 ^{aA}	34,91 ^{aB}	16,06 ^{aAB}	18,05 ^{aAB}	8,86 ^{aAC}	24,24 ^{bBC}
HIPEL ⁴	4,94 ^{aA}	38,53 ^{aB}	17,97 ^{aAB}	12,34 ^{aA}	11,70 ^{aA}	18,99 ^{bAB}

¹CONTROL son las muestras sin aplicación de hidrogenfriamiento y sin cubierta de HPMC-parafina

²HIDRO frutos hidrogenfriados en agua a 4°C durante 35 minutos

³PEL melón con una cubierta en la superficie a base de hidroxipropilmetilcelulosa al 2.5% y parafina al 20%

⁴HIPEL muestras con aplicación de hidrogenfriamiento y cubierta

Superíndices diferentes en minúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las filas en un mismo tiempo

Superíndices diferentes en mayúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre columnas en un mismo tratamiento

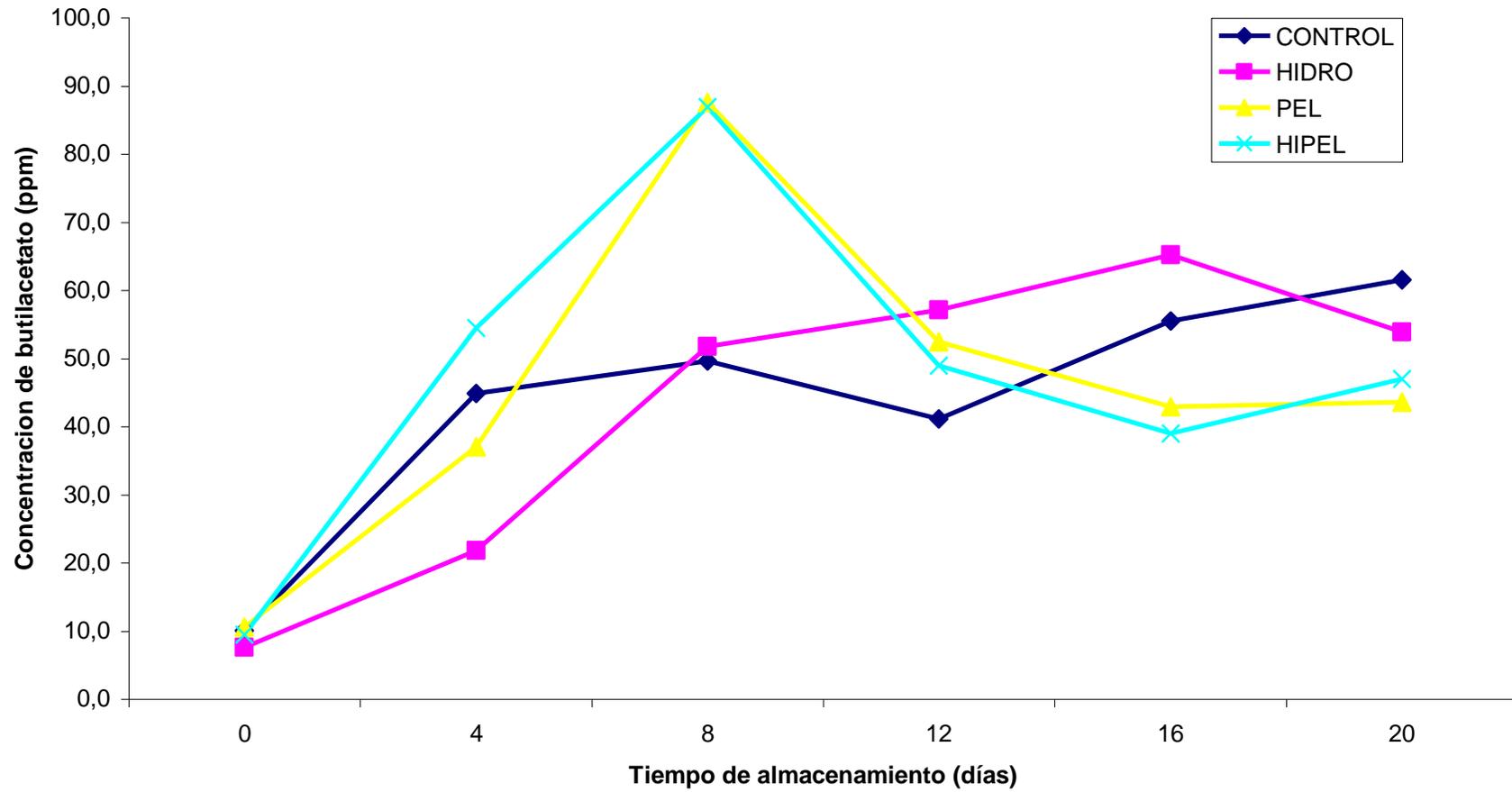


Figura 9. Gráfica de resultados de la media de la concentración de Butilacetato (ppm) de melones tratados con cubiertas e hidrogenfriamiento en diferentes tiempos de almacenamiento en frío.

Tabla 16. Resultados de la media de la concentración de butilacetato (ppm) en melón tratado con cubierta e hidrogenfriamiento a diferentes tiempos de almacenamiento

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)

TRATAMIENTO	0	4	8	12	16	20
CONTROL¹	10,0 ^{aA}	44,84 ^{aAB}	49,66 ^{bB}	41,13 ^{aAB}	55,47 ^{aB}	61,49 ^{aB}
HIDRO²	7,57 ^{aA}	21,75 ^{aAC}	51,71 ^{abBC}	57,07 ^{aBC}	65,17 ^{aB}	53,91 ^{aBC}
PEL³	10,56 ^{aA}	36,99 ^{aAC}	87,58 ^{aB}	52,40 ^{aBC}	42,89 ^{aAC}	43,56 ^{aAC}
HIPEL⁴	9,43 ^{aA}	54,43 ^{aBC}	86,91 ^{aB}	48,91 ^{aC}	38,97 ^{aAC}	47,01 ^{aC}

¹CONTROL son las muestras sin aplicación de hidrogenfriamiento y sin cubierta de HPMC-parafina

²HIDRO frutos hidrogenfriados en agua a 4°C durante 35 minutos

³PEL melón con una cubierta en la superficie a base de hidroxipropilmetilcelulosa al 2.5% y parafina al 20%

⁴HIPEL muestras con aplicación de hidrogenfriamiento y cubierta

Superíndices diferentes en minúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre filas en un mismo tiempo

Superíndices diferentes en mayúsculas determinan diferencias significativas ($p < 0.05$) entre columnas en un mismo tratamiento

7. DISCUSIÓN

7.1. CO₂, CO₂/O₂ Y ETILENO

Los tratamientos de hidrogenfriamiento y la aplicación de películas a frutas y hortalizas tienen como objetivo principal disminuir la velocidad de producción de CO₂ para disminuir la respiración, retardar los procesos de maduración y alargar el periodo de almacenamiento del fruto en estado fresco (Vigneault *et al.*, 2000). La importancia de conservar las frutas y hortalizas en este estado (y no en forma procesada), radica no solo en la parte sensorial del mismo, sino también en los beneficios que aportan a la dieta en lo que respecta a su contenido de compuestos nutraceuticos como por ejemplo polifenoles, compuestos antioxidantes, antimutagenicos y anticarcinogenicos. Este aporte de los vegetales frescos ha cambiado los hábitos de consumo y ha promovido la búsqueda de nuevas formas de manejo, transporte y almacenamiento de los mismos (Paul and Pandey, 2011).

Los resultados obtenidos, sin diferencia en la liberación de CO₂ de los frutos con película y sin película durante el almacenamiento a 8°C, son similares a los de Conforti and Zinck (2002) y Cisneros and Krochta (2003), los cuales reportaron algo similar al aplicar películas poliméricas en vegetales no climatéricos. Al ser el melón cantaloupe un fruto climatérico se hubiera esperado un comportamiento diferente promovido por una tasa de respiración más elevada (Valero *et al.*, 2002), sin embargo no fue así.

También, se pudo observar que los melones con película tuvieron menor liberación de CO₂ antes de colocarlos en el frigorífico, lo cual pudo ser promovido por las altas temperaturas iniciales que se tenían en el interior de fruto (27°C en promedio, lo que ocasiona elevada respiración) que, en combinado con la aplicación de película,

podieron ocasionar que el CO₂ no escapara normalmente del fruto (Valero *et al.*, 2002) y se acumulara en el interior del fruto. Posteriormente, una vez puesto en el frigorífico a 8°C, la velocidad de respiración del fruto bajó considerablemente y la liberación del CO₂ volvió a ser igual en los tratamientos. Lo anterior confirma la importancia de este parámetro en la velocidad de respiración del fruto y, consecuentemente en los procesos de maduración y senescencia (Valero *et al.*, 2002).

Se observaron mayores concentraciones de gases (CO₂, O₂ y etileno) en el interior del melón con película en diversas etapas del almacenamiento, lo cual confirma que esta película cumple con funciones de barrera a los gases. También se pudo confirmar que estas película a base de polisacáridos y lípidos pueden ser alteradas por el medio ambiente, ya que cuando los melones cubiertos eran expuestos a condiciones de humedad relativamente altas (80±4%), aumentaba su permeabilidad a los gases descritos (Cisneros and Krochta, 2003a,b) promoviendo menores concentraciones en el interior de los mismos durante su almacenamiento. Aún así, la película aplicada cumplió con el objetivo de promover una atmósfera modificada en el interior del fruto favoreciendo altas concentraciones de CO₂, y bajas de oxígeno. Esta relación de CO₂ y O₂ pudo, de alguna manera u otra, afectar al metabolismo del fruto y disminuir ciertos procesos de maduración y senescencia que pueden intervenir en cambios de textura, color, olor y sabor. En diferentes estudios se ha corroborado que altas concentraciones de CO₂ por sí solas no son suficientes para tener un efecto sobre el metabolismo de los vegetales, especialmente sobre la biosíntesis de etileno, pero si estas concentraciones de CO₂ van acompañadas de bajas concentraciones de O₂, el efecto sobre el funcionamiento celular podría ser marcado (Gorny and Kader, 1997) y favorecer un mayor tiempo de conservación. El problema de las altas concentraciones de CO₂ y bajas de O₂ es la posible producción de sabores y olores desagradables ocasionados por la activación de glucólisis anaerobia (Ahmad and Khan, 1987), algo que no ocurrió en el presente estudio.

Aunado a lo anterior, al tener mayores concentraciones de CO₂ y menores de O₂ en las frutas con película se puede afirmar que la cubierta de HPMC y parafina, no sólo es una barrera a que el fruto libere CO₂, sino también a que el O₂ atmosférico no penetre al interior del mismo. Este resultado conduce nuevamente a argumentar que la

aplicación de este tipo de películas puede ocasionar cambios en el metabolismo celular de las frutas y hortalizas y conservar por mayor tiempo, las propiedades físicas, químicas, de composición y sensoriales de las frutas y vegetales (Machado *et al.*, 2005; Lai *et al.*, 2011).

Por otra parte, la concentración de etileno en el espacio interno de los melones con película fue más alta, que en los melones que no la tenían, durante el almacenamiento de 4 días ($P < 0.05$). Estos niveles de concentración de etileno acumulados en la atmósfera interna del producto cubierto son atribuibles a la impermeabilidad de la película contra este gas, lo que dificultó su emisión a través de la cáscara del fruto. Se ha reportado que algunas cubiertas o películas compuestas actúan como barrera restrictiva del intercambio de humedad y gases, principalmente CO_2 , etileno y oxígeno (Dogan and McHugh, 2007; Han and Gennadios, 2005), lo cual puede contribuir a reducir el deterioro de calidad de algunos productos vegetales durante etapas post cosecha. Por otra parte, se tiene conocimiento del efecto del etileno como promotor de la maduración y reblandecimiento de frutos climatéricos (Nishiyama *et al.*, 2007). Sin embargo, en el presente experimento se presentó una reducción de los daños por frío, además de una mayor textura, en el melón cubierto con la película HPMC-parafina. Lipton and Ahroni (1979) (Citados por Ben-Amor *et al.*, 1999) reportaron que la exposición de melón Honeydew a altas concentraciones de etileno redujo el daño por frío en este producto hasta en 75 %, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio, y de otras investigaciones (Nair and Singh, 2003). Es requerida más evaluación del efecto de la aplicación de altas concentraciones de etileno sobre los diferentes tejidos constituyentes del producto entero (cáscara y pulpa). Asimismo, resulta de interés el estudio del efecto del etileno como potencial agente protector contra los daños por frío en melón Cantaloupe, tanto en producto mínimamente procesado con cáscara o en pulpa de esta fruta.

Se puede argumentar que los resultados obtenidos confirman que el melón Cantaloupe con película presentó un comportamiento típicamente climatérico teniendo su pico climatérico (aumento en producción de etileno) a los 4 días de su recolección (Figura 2). Lo que pudo promover la aceleración de algunos procesos metabólicos como la generación de olores, aromas y sabores característicos de esta fruta

7.2.TEXTURA

La textura de frutas y vegetales está directamente relacionada con la composición y características de la pared celular, éstas a su vez, están determinadas por el grado de madurez del fruto (Oms-Oliu *et al.*, 2007b). En el fruto inmaduro el tejido es rígido y firme debido a que la celulosa, hemicelulosa y protopectina que componen las paredes celulares se encuentran intactas (Sozzi, 2004). Durante la maduración estos compuestos se van hidrolizando con la consecuente pérdida de textura (Payasi *et al.*, 2009).

Pérez-Gago *et al.* (2002) al recubrir mandarinas con un polímero encontró que, después de cuatro semanas de almacenamiento, la textura exterior era mayor en los frutos cubiertos; en este estudio sucedió algo similar, ya que los melones con película resultaron con mayor firmeza en la cascara hasta el último periodo de almacenamiento (20 días). Una posible explicación de este comportamiento es que los melones sin película tuvieron una mayor pérdida de agua ($P < 0.05$) durante el periodo de duración del estudio. Lo anterior pudo provocar pérdidas en la turgencia de los tejidos externos y consecuentemente disminución de su textura (Saladie *et al.*, 2007).

Puede observarse una mayor proporción en la disminución de esta textura externa (cáscara) (la firmeza de la cascara disminuyó en 66-70%) en comparación a la de la pulpa (39-40%), ya que se tiene conocimiento que el etileno (principal precursor de los cambios texturales) tiene diferente sensibilidad en diversos tejidos de los vegetales (Paul *et al.*, 2012), lo que hace suponer que la cáscara tiene mayor sensibilidad que la pulpa del melón

En lo que se refiere a la menor textura de la pulpa en los melones con película durante el periodo de 4 días, este fenómeno pudo ser promovido por la mayor concentración de etileno ($P < 0.05$) presente en estas muestras durante este lapso de tiempo (figura 3). Se sabe que la presencia de este gas está directamente relacionada con la aceleración de la maduración y, consecuentemente, con la disminución de la textura en frutas y hortalizas del tipo climatérico como lo es el melon *Cucumis Melo* (Ritenour *et al.*, 1999; Dandekar *et al.*, 2004; Nishiyama *et al.*, 2007; Paul *et al.*, 2012). Por otro lado, estas concentraciones de etileno no afectaron significativamente ($P > 0.05$) a los

valores de textura entre tratamientos, durante el resto del almacenamiento (tabla 3), ya que se conoce que esta hormona solo afecta en ciertas etapas de madurez (Paul *et al.*, 2012) y, aparentemente, durante este lapso de tiempo los tejidos ya no eran tan sensibles al mismo; incluso se observaron valores de firmeza mayor ($P < 0.05$) a los 12 y 16 días de almacenamiento en los frutos con película (PEL), resultado quizás promovido por la protección que otorgó la película durante el almacenamiento para evitar los daños por frío y la pérdida excesiva de agua.

Aunado a lo anterior, en diferentes estudios se ha demostrado que una deficiente disponibilidad de O_2 puede disminuir la actividad de la celulasa y poligalacturonasa (Knee 1982; Kanellis *et al.*, 1989a, 1991 citados por Paul and Pandey, 2011) y en este estudio la concentración de O_2 fue menor en los frutos con película donde quizá no estuvo disponible en su totalidad. Además, diversas investigaciones han descrito que bajas concentraciones de O_2 y altas de CO_2 reducen la acción del etileno (Kanellis *et al.*, 1991; Blanke 1991; Kanellis *et al.*, 1993; Gorny and Kader 1996; Mathooko 1996 citados por Paul and Pandey, 2011) por lo que también en ciertas etapas del almacenamiento se pudo tener una menor acción de esta hormona en los frutos con película y tener mayor firmeza en sus tejidos internos.

7.3. ACIDEZ Y SÓLIDOS SOLUBLES

La acidez de las frutas está determinada por la presencia y concentración de ciertos ácidos orgánicos, como cítrico, málico, tartárico y ascórbico. La concentración de éstos depende del estado fisiológico del fruto, disminuyendo a medida que transcurre la madurez (Hernández-gil and Bautista, 1977; Tosun *et al.*, 2008).

Los resultados de otros estudios con respecto a este parámetro son contradictorios. Los estudios Barry-Ryan and O'Beirne (1999) y Machado *et al.* (2005), indican una retención de los compuestos ácidos en frutas tratadas con cubiertas o con atmósferas modificadas. Sin embargo, Valverde *et al.* (2005), observaron el efecto contrario. En el presente estudio, los cambios observados en la AT pudieron deberse a la

combinación de varios factores: 1) La mayor pérdida de agua en las muestras sin película concentró ciertos solutos, aumentando la acidez, y 2) las altas concentraciones de CO₂ y bajas de O₂, presentados en las muestras cubiertas con la película, pudieron influir en el metabolismo del fruto a lo largo del periodo de almacenamiento, permitiendo la conservación de la concentración de los ácidos, ya que se ha reportado que atmósferas bajas en O₂ y altas en CO₂ pueden reducir la activación de genes involucrados en procesos de maduración que son regulados por el etileno (Kanellis *et al.*, 1993, citado por Paul and Pandey, 2011). Novoa *et al.* (2006), encontraron que la acidez de los frutos aumenta en cierto periodo de maduración y posteriormente desciende como una consecuencia de los procesos metabólicos que la madurez desencadena. Por otro lado, Wang *et al.* (1993) y Glew *et al.* (2003) observaron una disminución de las concentraciones de ácidos cítrico y quínico y un aumento en la del ácido málico durante la maduración del fruto. Por lo que, aparentemente los melones sin película (CONTROL e HIDRO) solo están presentando un ciclo normal de maduración, donde en un momento dado del proceso de madurez, la producción de uno de estos ácidos se incrementó, y en los frutos con película (PEL e HIPEL) se conservó constante la velocidad de síntesis de los mismos, manteniendo los mismo niveles de ácidos a lo largo del período de estudio.

Con respecto a los SS aparentemente, el metabolismo de los azúcares se detiene una vez cortado el fruto (Michalczuk, 2004) y que las concentraciones mayores ($P < 0.05$) de etileno, en los melones con cubiertas, no afectaron la concentración de los mismos (Dandekar *et al.*, 2004).

7.4. ÍNDICE DE DAÑO POR FRÍO

El DF se produce por un conjunto de alteraciones metabólicas complejas que presentan las frutas y vegetales ante las bajas temperaturas (2-15 °C). El DF provoca, entre otras cosas, un aumento en la permeabilidad de las membranas celulares, cambios en el funcionamiento enzimático e incluso rompimiento de la membrana y en general

anormalidades en el metabolismo de la pared celular (Manganaris *et al.*, 2008). La consecuencia de estas alteraciones es el acortamiento de la vida útil del fruto, cuya calidad comercial se ve afectada por la aparición de manchas y hundimientos en la cáscara (Artés and Artés-Hernández, 2003).

El DF es un tipo de estrés hídrico, la disminución del intercambio gaseoso provocada por la adición de la cubierta protectora, pudo contribuir a disminuir este estrés, retrasando la aparición del DF y disminuyendo sus signos (Grierson *et al.*, 1982; Flores *et al.*, 2004). Además, las frutas con cubierta presentaron menores concentraciones de oxígeno ($P < 0.05$) desde el inicio del experimento lo que puede ser otro factor que contribuya a tener menores daños en el tejido vegetal por tener un ambiente de menor estrés oxidativo (Pesis *et al.*, 1994; Sala, 1998). También, como ya se explicó, las altas concentraciones de etileno en el interior de fruto pudieron proporcionar una protección a los tejidos contra el DF.

Además de los daños visibles, la mayor presencia de este fenómeno en los melones sin cubierta (CONTROL e HIDRO), aunado a las pérdidas de humedad, pudo traer como consecuencia que estos frutos tuvieron una menor firmeza ($P < 0.05$) en sus tejidos (Manganaris *et al.*, 2008).

Los resultados obtenidos sugieren que la aplicación de la película de HPMC-parafina formulada pudiera ayudar a proteger al melón Cantaloupe almacenado en refrigeración contra daños por frío hasta por 20 días, contribuyendo a mantener la calidad comercial de esta variedad específica de melón, ya que se ha reportado que la aplicación de una cubierta o película puede tener una respuesta variable dependiendo de la variedad y tipo de producto vegetal (Olivas and Barbosa-Cánovas, 2005) por lo que no es posible generalizar sus efectos y usos.

7.5. PÉRDIDA DE PESO

Los productos hortofrutícolas, y entre ellos el melón, tienen una concentración de agua entre el 80 y 95 %, y por lo tanto están expuestos a pérdida de agua en sus tejidos

por transpiración (Eitenmiller *et al.*, 1985). Este fenómeno puede ser acelerado por una humedad relativa baja, con la consecuente pérdida de peso, que a su vez, es uno de los aspectos más importantes en la comercialización y venta del fruto, tanto por cuestiones económicas como sensoriales (Ben-Yehoshua, 1987).

Las menores pérdidas de humedad de los melones con cubierta hacen deducir que ésta funciona como barrera física deteniendo la salida de humedad del interior del fruto, y por tanto disminuyendo la aparición de cambios en otros parámetros sensoriales que son indicadores de su calidad, como la textura y el aspecto visual (Jacxsens *et al.*, 2004; Saladie *et al.*, 2007).

Las diferencias entre los promedio de pérdida de peso, tanto en los frutos cubiertos como en los no cubiertas, fueron relativamente pequeñas, probablemente debido a las altas humedades relativas presentadas en el frigorífico a lo largo del tiempo de almacenamiento ($80\pm 4\%$) (Cisneros and Krochta, 2002). Sin embargo, al colocar estas misma muestras en condiciones de menor humedad relativa (35-40%) las pérdidas de humedad en los melones sin cubierta fueron mayores que en los frutos cubiertos (dato no mostrado). Lo anterior es un indicio de que la eficacia de la película se eleva, conforme aumenta la diferencia de humedad entre los frutos y el medio ambiente. Otra posibilidad es que las condiciones de baja humedad hayan promovido un mejor funcionamiento de la película como barrera a la humedad.

7.6. ACTIVIDAD DE LA LIPASA Y PECTINMETILESTERASA

En estudios anteriores se ha demostrado que la actividad de la enzima lipasa, y consecuentemente la degradación de las grasas a ácidos grasos, puede contribuir con la aparición de componentes volátiles involucrados con el olor y el sabor de ciertos frutos y vegetales (Lamikanra and Watson, 2004; Croteau and Karp, 1991, citado por Shalit *et al.*, 2001); ya que se tiene conocimiento de que los ácidos grasos son precursores iniciales (junto con los aminoácidos) en la producción de compuestos volátiles (Defilippi *et al.*, 2004). La síntesis de aromas y sabores de los frutos, y en especial del melón, esta

regulada por la presencia y concentración de la hormona etileno (Flores *et al.*, 2002; Defilippi *et al.*, 2004) por lo que la actividad de la lipasa puede estar íntimamente ligada a este compuesto.

Los datos obtenidos de la actividad de la lipasa a los 4 días de almacenamiento, donde las muestras tratadas con cubiertas tuvieron mayor actividad, coinciden con mayores concentración de etileno y compuestos volátiles (principalmente ésteres) en las muestras; por lo que podría ser que el etileno esta jugando un papel importante en estos resultados.

Por otra parte, los melones que sólo fueron hidrogenofriados presentaron actividad de la lipasa similar que los cubiertos, pero no fueron parecidos en cuanto a la concentración de volátiles, lo que conlleva a pensar que la actividad de la lipasa no es suficiente indicador del aumento de estos compuestos. Por lo anterior, una forma más adecuada de encontrar correlaciones enzimáticas con concentración de compuestos volátiles, sería medir la actividad de la alcohol aciltransferasa y alcohol acetiltransferasas que son muy sensibles a la presencia de etileno y el aumento de su actividad está ligada a la síntesis de ésteres (Bood and Zabetakis, 2002; Ueda *et al.*, 1997).

Por su parte, la actividad de la PME tuvo diferencias en las muestras analizadas en ciertas etapas del almacenamiento las cuales no se correlacionan con las concentraciones de etileno ni con los cambios de firmeza en el melón. Lo anterior hace concluir que la PME encontrada en el melón Cantaloupe no es afectada por la presencia y concentración de la hormona; y sería necesario monitorear otro tipo de enzimas relacionadas a cambios en la degradación de los tejidos vegetales para determinar los efectos del uso de cubiertas en los mismos.

7.7. COMPUESTOS AROMÁTICOS

El aroma y sabor de la mayoría de los frutos es generalmente producido por la presencia de mezclas de compuestos volátiles tales como aldehídos, alcoholes y especialmente ésteres (Shalit, 2001). De la misma manera, el melón cantaloupe contiene una gran cantidad de compuestos ésteres y alcoholes responsables directos de su aroma y sabor (Aubert *et al.*, 2005). Diferentes estudios han demostrado que la producción o síntesis de compuestos volátiles en frutas y vegetales (especialmente de tipo éster) están directamente relacionados con la presencia y concentración de etileno (Dandekar *et al.*, 2004; Defilippi *et al.*, 2004; Balbontín *et al.*, 2007), así como también procesos que no involucran la presencia de este compuesto (Shu *et al.*, 2012). Además, la producción y concentración de estos compuestos esta íntimamente relacionada con la maduración del fruto.

El aumento repentino de la concentración de los compuestos ésteres, observado en este estudio, pudo estar relacionado a las concentraciones relativamente altas de etileno, en el interior del fruto, presente en las primeras etapas de almacenamiento promovidas por la acción de la cubierta de HPMC-parafina como barrera a este compuesto, haciendo que esta hormona se acumulara en el melón durante este tiempo. Al estar esta hormona en concentraciones más elevadas, pudo activar procesos de producción de enzimas dependientes de la concentración de la misma, como lipasas, alcohol aciltransferasa y alcohol acetiltransferasa (aunque éstas también puede tener actividad independiente a la presencia de etileno), promoviendo una mayor producción de compuestos esterres responsables de aromas y sabores en frutas y vegetales (Flores *et al.*, 2002; Dandekar *et al.*, 2004; Romojaro, 2006; Balbontín, 2007). Aunado a lo anterior, la mayor concentración de compuestos aromáticos también pudo deberse a que las cubiertas poliméricas presentaron la función de reducir las pérdidas de compuestos aromáticos por ser una barrera física a éstos (Baldwin *et al.*, 1995).

Defilippi *et al.* (2004) encontraron que al suprimir la presencia de etileno en la manzana, los compuestos ésteres y alcoholes tenían una disminución en su concentración; pero al agregar nuevamente etileno, la concentración de los mismos

aumentó. En contraparte, Dandekar *et al.*, (2004) observaron que tanto las concentraciones de aldehidos como los alcoholes, presentes en manzana, no fueron afectados por la inhibición de síntesis de etileno. Los compuestos alcohólicos analizados en este estudio tuvieron un comportamiento diferente a los ésteres, por lo que aparentemente, el etileno no afecta su síntesis como en los otros.

Con lo anterior se puede deducir que la aplicación de películas acelera la producción de olores y aromas del melón en etapas tempranas de almacenamiento, permitiendo que el fruto experimente una mayor producción de moléculas volátiles, pero sin afectar significativamente otras propiedades del fruto; ya que propiedades como textura (tanto interna como externa) tuvieron valores más elevados en las muestras tratadas con cubiertas.

Por otra parte, como ya se sabe, los ésteres son los principales compuestos responsables de los olores, aromas y sabores del melón por lo que al tener mayores concentraciones en las etapas tempranas, el melón tiene un mayor olor y sabor característico, y posiblemente, esto aumente el gusto por el mismo.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por lo anteriormente descrito, el hidrogenfriamiento, tal como fue aplicado, no tuvo efectos sobre las propiedades físicas, químicas y enzimáticas del melón y consecuentemente ningún beneficio sobre la conservación de su calidad durante el almacenamiento; pero el uso de películas a base de HPMC-parafina sobre melón Cantaloupe pudo cambiar la relación de los gases presentes en el interior del mismo y generar una atmósfera modificada que contribuyó a disminuir la presencia de daños por frío, tener mayor firmeza en el fruto, conservar la acidez del mismo y promover mayor concentración de compuestos aromáticos.

Por lo que, la aplicación de películas de HPMC-parafina puede ser una buena alternativa para aumentar la vida de anaquel de melón cantaloupe mantenido a temperaturas de refrigeración (6-8°C).

Sería necesario un mayor estudio de la actividad de ciertas enzimas, como por ejemplo, alcohol aciltransferasa y acetiltransferasa, poligalacturonasas y celulasas para entender de mejor manera los efectos que tiene el uso de esta película sobre las propiedades medidas en el fruto.

9. LITERATURA CITADA

- Alzamora, S.M.; Castro, M.A.; Vidales, S.L.; Nieto, A.B.; Salvatori, D. 2000. The role of tissue microstructure in the textural characteristics of minimally processed fruits. In: Minimally processed fruits and vegetables, fundamental aspects and applications, Alzamora, S.M.; Tapia, M.S.; López-Malo, A. (eds). Gaithersburg, Maryland: Aspen Publisher, Inc. P 153-171.
- Ahmad, M. and Khan, I. 1987. Effects of waxing and cellophane lining on chemical quality indices of citrus fruits. *Plant foods for Human Nutrition*. 37: 47-57.
- Aquino-Bolaños, E. N.; Mercado-Silva, E 2004. Effects of polyphenol oxidase and peroxidase activity, phenolics and lignin content on the browning of cut jicama. *Postharvest Biology and Technology* 33: 275-283.
- Artés, F. 1995. Innovaciones en los tratamientos físicos modulados para preservar la calidad de los productos hortofrutícolas en la postrecolección. I Pretratamientos térmicos. *Revista Española de Ciencia Tecnología de Alimentos*. 35: 45-64, 35: 139-149 y 35: 247-269.
- Artés, F. 2001. Conservación de productos hortofrutícolas en atmósferas controladas y modificadas. VII Curso Superior de Ingeniería y Aplicaciones del Frío en la Conservación de Vegetales. CTC, UPCT, CEBAS–CSIC, pp 28.
- Artés F y Artés-Hernández F. 2003. Daños por frío en la postrecolección de frutas y hortalizas. *Avances en Ciencias y Técnicas del Frío*. Editores: A. López, A. Esnoz y F. Artés. UPCT y SECYTEF, pp 299-310.
- Artés F. and Fernandez T, J. 1999. Recent studies on postharvest behaviour of peaches. *Research Development Agriculture of Food Chemistry*. 3:471-487.

- Ausbert C, Baumann S. and Arguel H. 2005. Optimization of the analysis of flavor volatile compounds by liquid-liquid microextraction (LLME). Application to the aroma analysis of melons, peaches, grapes, strawberries and tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53:8881-8895.
- Avena-Bustillos, R.J., Krochta, J.M., and Saltveit, M.E. 1997. Water vapor resistance of red delicious apples and celery sticks coated with edible caseinate-acetylated monoglyceride films. *Journal of Food Science*. 62(2): 351-354.
- Bachmann, J. and Earles, R. 2000. Postharvest handling of fruits and vegetables. *Appropriate Technology Transfer for Rural Areas*. Disponible en: <http://ncat.org/attra-pub/PDF/postharvest.pdf>. Accesado en Agosto del 2005. Fayetteville, Arizona: ATTRA.
- Bai J.-H., Saftner R.A., Watada A.E and Lee Y.S. 2001. Modified Atmosphere Maintains Quality of Fresh-cut Cantaloupe (*Cucumis melo* L.). *Journal of Food Science*. 66 (8):1207-1211.
- Baldwin, E.A, Nisperos-Carriedo, M.O., and Baker, R.A. 1995. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 35(6): 509-52.
- Baldwin, E.A., Nisperos, M.O., Chen, X., Hagenmaier, R.D. 1996. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biology and Technology*. 9(2): 151-163.
- Ballard T. S. and Mallikarjunan P. 2006. The Effect of Edible Coatings and Pressure Frying Using Nitrogen Gas on the Quality of Breaded Fried Chicken Nuggets. *Journal of Food Science*. 71 (3): 259-264.
- Banks, N.H. 1984. Some effects of TAL Pro-long coating on ripening bananas. *Journal of Experimental Botany*. 35(150): 127-137.
- Baquero, D. L. E.; Castro, R. J. A.; Narváez, C. C. E. 2005. Catalasa, peroxidasa y polifenoloxidasa de pitaya amarilla (*Acanthocereus pitajaya*): maduración y senescencia. *Acta Biológica Colombiana* 10: 49-59.

- Barry-Ryan C. and O'Beirne D. 1999. Ascorbic Acid Retention in Shredded Iceberg Lettuce as Affected by Minimal Processing. *Journal of Food Science*. 64 (3): 498-500.
- Beaulieu J.C., Ingram D.A, Lea J.M. and Bett-Gerber K.L. 2004. Cantaloupe. *Journal of Food Science*. 69: 250-258.
- Bennion M. 1995. Fruits and fruit preparation. *Introductory Foods*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Ben-Amor A, Flores B, Latché A, Bouzayen M, Pech JC, Romojaro 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.
- Ben-Yehoshua S. 1987. Transpiration, water stress, and gas Exchange. In: *Postharvest physiology of vegetables*. J.A. Bartz (ed). eBook ISBN: 978-0-203-91009-2. DOI: 10.1201/9700203910092.CH5
- Bolin, H.R. and Huxsoll, C.C. 1991. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. *Journal of Food Protection*. 64 (8): 1244-1248.
- Brecht, J.K., 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, 30: 18-22.
- Chick J. and Ustunol Z. 1998. Mechanical and Barrier Properties of Lactic Acid and Rennet Precipitated Casein-Based Edible Films. *Journal of Food Science*. 63 (6): 1024-1027
- Cisneros-Zevallos L. and Krochta J.M. 2002. Internal Modified Atmospheres of Coated Fresh Fruits and Vegetables: Understanding Relative Humidity Effects. *Journal of Food Science*. 67 (6): 1990-1995
- Cisneros-Zevallos L. and Krochta, J.M. 2003a. Whey Protein Coatings for Fresh Fruits and Relative Humidity Effects. *Journal of Food Science*. 68 (1): 176-181.
- Cisneros-Zevallos L. And Krochta J.M. 2003b. Dependence Of Coating Thickness On Viscosity Of Coating Solution Applied To fruits And Vegetables By Dipping Method. *Journal of Food Science*. 68 (2): 503-510.

- Claridades Agropecuarias. 2000. MELON. ASERCA. SAGARPA. CD-Room. México, D.F.
- Conforti F.D. and Zinck J.B. 2002. Hydrocolloid-Lipid Coating Affect on Weight Loss, Pectin Content, and Textural Quality of Green Bell Peppers. *Journal of Food Science*. 67 (4): 1360-1363.
- Coughlan K., Shaw N.B., Kerry J.F. and Kerry J.P. 2004. Combined Effects of Proteins and Polysaccharides on Physical Properties of Whey Protein Concentrate-based Edible Films. *Journal of Food Science*. 69 (6): 271-275
- Chen H. 1995. Functional properties and applications of edible films made of milk proteins. *Journal of Dairy Science*. 78:2563-2583.
- Choi W.Y., Park H.J., Ahn D.J., Lee J. and Lee C.Y. 2002 Wettability of Chitosan Coating Solution on 'Fuji' Apple Skin. *Journal of Food Science*. 67 (7): 2668-2672.
- Dandekar A. M., Teo G., Defilippi B. G., Uratsu1 S. L., Passey A. J., Kader A. A., Stow J. R., Colgan R. J., James D. J. 2004. Effect of down-regulation of ethylene biosynthesis on fruit flavor complex in apple fruit. *Transgenic Research*. 13: 373-384.
- De Arruda M. C., Jacomino A. P., Fillet Spoto M. H., Gallo C. R., Moretti C. L. 2004. Conservação De Melão Rendilhado Minimamente Processado Sob Atmosfera Modificada Ativa. *Ciência Tecnologia de Alimentos*. 24(1): 053-058. <http://www.scielo.br/pdf/cta/v24n1/20041.pdf>
- Defilippi B. G., Dandekar Abhaya M. and. Kader A. A. 2004. Impact of Suppression of Ethylene Action or Biosynthesis on Flavor Metabolites in Apple (*Malus domestica* Borkh) Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52:5694-5701.
- Dogan N and McHugh TH. 2007. Effects of microcrystalline cellulose on functional properties of hydroxypropylmethyl cellulose microcomposite films. *Journal of Food Science*. 72(1):16-22.
- Dris R. and Jain S. M. 2004. Production Practices and Quality Assessment of Food Crops. In: *Quality Handling and Evaluation*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. pp. 233-252

- Echeverría G., Lara I., Fuentes T, López M.L., Graell J. and Puy J. 2004. Assessment of Relationships between Sensory and Instrumental Quality of Controlled-atmosphere-stored 'Fuji' Apples by Multivariate Analysis. *Journal of Food Science*. 69 (9): 368-375
- Eitenmiller R.R., Johnson C.D., Bryan W. D., Warren D. B., Gebhardt S. E. 1985. Nutrient Composition of Cantaloupe and Honeydew Melons. *Journal of Food Science*. 50:136-138.
- El Ghaouth A, Arul J., Ponnampalam, R., and Boulet, M. 1992. Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. *Horticulture Science*. 27(9): 1016-1018.
- Espinoza Arellano, J. J.; Orona Castillo, I.; Cano Ríos, P. 2005. Situación y tendencias en las actividades de producción y comercialización del melón (*Cucumis melo* L.) en la Comarca Lagunera, México. *AgroFAZ*, 5 (1): 801-811.
- Farber J M, Warburton D W, Gour L, Milling M. 1990. Microbiological quality of foods packaged under modified atmospheres. *Food Microbiology*. 7:327–334.
- Femenia A., Sanchez E.S., Simal S. and Rosello C. 1998. Developmental and ripening-related effects on the cell wall of apricots (*Prunus armeniaca*) fruit. *Journal Science Food and Agriculture*. 77: 487-493
- Fernández Lozano J., Liverotti O. and Beraja A. 1999. Manejo Poscosecha de Melon. Mercado Central de Buenos Aires. Argentina.
- Ferreira, M.D.; Brecht, J.K.; Sargent, S.A.; Aracena, J.J. 1994. Physiological responses of strawberry to film wrapping and precooling methods. *Proceedings Florida State Horticulture Society*. 107: 265-269.
- Flores F., Yahyaoui F. E., De Billerbeck G., Romojaro F., Latche A., Bouzayen M., Pech J. and Ambid C. 2002. Role of ethylene in the biosynthetic pathway of aliphatic ester aroma volatiles in Charentais Cantaloupe melons. *Journal of Experimental Botany*. 53 (367): 201–206.
- Flores F. B.; Martínez-Madrid M. C.; Ben-Amor M.; Pech J. C.; Latch A., Romojaro F. 2004. Modified atmosphere packaging confers additional chilling tolerance on

- ethylene-inhibited cantaloupe Charentais melon fruit. *Journal European Food Research and Technology*. 219:614–619.
- FAOSTAT Data. 2005. <http://faostat.fao.org>.
- Fornaris, G. J. 2001. Conjunto Tecnológico para la Producción de Melón Cantaloupe y Honeydew.
<http://openpublic.eea.uprm.edu/sites/default/files/documents/files/Technological%20Package%20-%20Melon.pdf>
- García-Sahagún M.L.; Vargas-Arispuro I.; Gardea-Béjar A.A.; Tiznado M.H., Matinez-Téllez M.A. 2005. “Daños por frío en melón Cantaloupe en dos estados de madures. *Revista Fitotécnica Mexicana*. 28(002):161-170.
- Gebhardt, S. E., R. Cutrufelli, and R.H. Matthews. 1982. Composition of foods: Fruits and fruit juices raw, processed, prepared. USDA Hdbk. 8-9.
- Giovannoni J.J. 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. *Plant Cell*. 16: S170–S180
- Glew R. H., Ayaz F. A., Sanz C., VanderJagt D. J., Huang H. S., Chuang L. T. 2003. Effect of postharvest period on sugars, organic acids and fatty acids composition in commercially sold medlar (*Mespilus germanica* Dutch) fruit. *Journal European Food Research and Technology*. 216:390–394.
- Gong, Y. and Tian, M. S. 1998. Inhibitory effect of diazocyclopentadiene on the development of superficial scald in Granny Smith apple. *Plant Growth Regular*, 26, 117-121.
- Gorny, J.R. and A.A. Kader. 1997. Low O₂ and elevated CO₂ atmospheres inhibit ethylene biosynthesis in preclimacteric and climacteric apple fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 124: 542-546.
- Grierson, D. 1985. Gene expression in ripening tomato fruit. In: *Critical reviews in plant sciences*. 3 CRC. Press, Boca Raton. Fla, pp. 113-132.
- Grierson, W., Soule, J. and Kawaka, K, 1982. Beneficial aspect of physiological stress. *Horticultural Reviews*. 4:246-271.

- Han, J. H.;Gennadios, G. 2005. Edible films and coatings: a review,. In: Innovations in Food Packaging. Han, J. H. (Ed.), Elsevier Academic Press. San Diego, pp. 239-261
- Hernández-Gil, R. and Bautista, D. 1977. Crecimiento y cambios bioquímicas durante el proceso de maduración de la mora (*Rubus glaucus* Benth). Revista de Agronomía Tropical. 27(2):225-233.
- Guilbert, S., Gontard, N., and Gorris, L.G.M. 1996. Prolongation of the shelf- life of perishable food products using biodegradable films and coatings. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie. 29(1):10-17.
- Guis, M., Botondi, R., Ben- Amor, M., ayub, R., Bouzayen, M., Pech, J.C., Latché, A. 1997. Ripening- associated biochemical traits of Cantaloup Charentais melon expressing an ACC oxidase transgene. Journal of the American Society for Horticultural Science. 122: 748-751.
- Hagenmaier R. D. and Baker R. A. 1994. Wax Microemulsions and Emulsions as Citrus Coatings. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 42: 899-902.
- Hagerman A.E. and Austin P.J. 1986. Continuous spectrophotometric assay for plant pectin methyl esterase. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 34:440-4.
- Higuera-Ciapara, I., and L. O. Noriega-Orozco. 2000. Mandatory aspects of the seafood HACCP system for the USA, Mexico and Europe. Food Control. 11:225-229.
- Holland B., Unwin I.D. and Buss D.H. 1992. Fruti and Nuts. Royal Society of Chemistry. USA.
- Horax R., Hettiarachchy N. and Islam S. 2005. Total Phenolic Contents and Phenolic Acid Constituents in 4 Varieties of Bitter Melons (*Momordica charantia*) and Antioxidant Activities of their Extracts. Journal of Food Science. 70 (4): 275-280.
- Jacxsens L., Devlieghere F., Debevere J. 2004. Quality of equilibrium modified atmosphere packaged (emap) fresh-cut vegetables. In: Production Practices and Quality Assessment of Food Crops. Vol. 3, "Quality Handling and Evaluation". R. Dris and S. M. Jain (eds.), pp. 473–523. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.

- Jeffery D., Smith C., Goodenough P., Prosser I. and Grierson D. 1984. Ethylene-Independent and Ethylene-Dependent Biochemical Changes in Ripening Tomatoes. *Plant Physiology*. 74: 32-38.
- Jiang Y. and Li Y. 2001. Effects of chitosan on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chemistry*. 73: 139-143.
- Jiménez A, Gómez JM, Navarro E, Sevilla F. 2002. Changes in the Antioxidative Systems in Mitochondria During Ripening of Pepper Fruits. *Plant Physiology and Biochemistry*. 40:515-520.
- Kader, A.A. 1993. A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than pome fruits. In *Proceedings of Sixth International Controlled Atmosphere Research Conference*. Walker, C. (Ed.). Ithaca, NY, pp. 859-887.
- Kader A.A. and Watkins CB. 2000. Modified Atmosphere Packaging-Toward 2000 and Beyond. *Horttechnology*. 10 (3). 483-486.
- Kester, J.J and Fennema, O.R.1986. Edible films and coatings. A review. *Food Technology*. 40(12): 47-59.
- Khachik F., Beecher G. R., and Lusby W. R. 1989. Separation, identification and quantification of the major carotenoids in extracts of apricots, peaches, cantaloupe, and pink grapefruit by liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 37:1465-73
- Kim K.W, Ko C.J. and Park H.J. 2002. Mechanical Properties, Water Vapor Permeabilities and Solubilities of Highly Carboxymethylated Starch-Based Edible Films. *Journal of Food Science*. 67 (1): 218-222.
- Kokubo. 2003. The Applications and Functions of Hydroxypropyl Methylcellulose as a New Food Additive. *Foods Ingredients*. 208 (6).
- Kourkoutas D., Elmore J. S., Mottram D. S. 2006. Comparison of volatile compositions and flavour properties of cantaloupe, Galia and honeydew muskmelons. *Food Chemistry*. 97: 95-102.
- Krochta J.M and De Mulder-Johnston C. 1997. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology*. 51(2):61-72.

- Lai T. Y., Chen C. H. and Lai L. S. 2011. Effects of Tapioca Starch/Decolorized Hsian-Tsao Leaf Gum-Based Active Coatings on the Quality of Minimally Processed Carrots. *Food Bioprocess Technology*. DOI 10.1007/s11947-011-0707-3.
- Lamikanra O. and Richard O.A. 2002. Effect of storage on some volatile aroma compounds in fresh-cut cantaloupe melon. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 50(14):4043-7.
- Lamikanra O. and Watson M.A. 2003. Temperature and storage duration affect on esterase activity in fresh-cut cantaloupe melon. *Journal of Food Science*. 68:790-793.
- Lamikanra O. and Watson M.A. 2004. Storage affect on lipase activity in fresh-cut cantaloupe melon. *Journal of Food Science*. 69:126-130.
- Le Tien C., Vachon C., Mateescu M.A. and Lacroix M. 2001. Milk Protein Coatings Prevent Oxidative Browning of Apples and Potatoes. *Journal of Food Science*. 66 (4): 512- 516
- Lelièvre J M, Latché A, Jones B, Bouzayen M and Pech J C. 1997. Ethylene and fruit ripening. *Physiology Plant*. 101:727-739.
- Lerdthanankul S. and Krochta J. M. 1996. Edible Coating Effects on Postharvest Quality of Green Bell Peppers. *Journal of Food Science*. 61 (1): 176-179.
- Levitt, J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Volume II, 2nd ed. Academic Press, New York.
- Li, P., and Barth, M.M. 1998. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly processed carrots. *Postharvest Biology and Technology*. 14: 51-60.
- Li H., and Yu T. 2000. Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81: 269-274.
- Lozano S. 2006. *Fruit Manufacturing*. Springer. USA, pp. 12-13.
- Luchsinger, L and Artés F. 2000. Alleviating chilling injuries in stone fruits. In: *Improving postharvest technologies of frutis, vegetables and ornamental*. Ed. Artés, F. Gil, M.I. y Conesa, M.A. Proceedings of the International Institute of Refrigeration. Murcia, España. pp. 48.

- Lyons J.M. 1973. Chilling injury in plants. *Annual Review of Plant Physiology*. 24:445-466.
- Markhart A. H. 1986. Chilling injury: a review of possible causes. *HortScience* 21:1329-1333.
- Machado-Casado de Araújo F. M., Machado A. V., Bosco-Chitarra A. 2005. Efeito da atmosfera modificada ativa na qualidade do melão orange flesh minimamente processado. *Ciência da agrotecnia, Lavras*. 29 (4): 817-823.
- Masia, A. 1998. Superoxide dismutase and catalase activities in apple fruit during ripening and post-harvest and with special reference to ethylene. *Physiology Plant*. 104: 668-672.
- McHugh T.H. and Krochta J.M. 1994. Sorbitol vs glycerol plasticized whey protein edible films: Integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 42: 41-45.
- McHugh T.H. and Senesi E. 2000. Apple wraps: A novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. *Journal of Food Science* 65(3): 480-485.
- Manganaris G.A., Vicente A.R., Crisosto C.H., Labavitch J.M. 2008. Cell wall modifications in chilling-injured plum fruit (*Prunus salicina*). *Postharvest Biology and Technology* 48: 77-83.
- Martín Belloso O. and Oms Oliu G. 2005. Efecto de la atmósfera modificada en las características físico-químicas y nutricionales de la fruta fresca cortada. *Simposium "Nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas. Vegetales frescos cortados"* La Habana, Cuba. http://66.102.1.104/scholar?hl=es&lr=&q=cache:IV6qiz1c4JJJ:www.ciad.mx/dtaov/XI_22CYTED/fotos/files_pdf/cuba/olga.pdf+melon+atmosferas+modificadas
- Martínez-Téllez M.A and Lafuente M.T. 1997. Effect of high temperatura conditioning on ethylene, phenylalanine ammonia-lyase, peroxidase and polyphenol oxidase activities in flavedo of chilled "Fortune" mandarin fruit. *Journal of Plant Physiology*. 150:674-678.

- Mathur P. B. and Srivastava H. C. 1955. Effect of skin, coatings on the storage behaviour of mangoes. *Journal of Food Science*. 20(6): 559-566.
- Mazaud F. and Ilboudo J.P. 2001. Manejo Post-Cosecha. FAO. Roma, Italia.
- Medlicott A. P. and Thompson A. K. 1985. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits (*Mangifera indica* L. var Keitt) by high performance liquid chromatography. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 36:561-566.
- Mei Y., Zhao Y., Yang J. and Furr H.C. 2002. Using Edible Coating to Enhance Nutritional and Sensory Qualities of Baby Carrots. *Journal of Food Science*. 67 (5): 1964- 1968
- Mercado-Silva, E. and Cantwell, M. 1998. Quality changes in Jicama roots stored at chilling and nonchilling temperatures. *Journal of Food Quality*. 3: 211-221.
- Michalczuk L. 2004. Modification of Fruit Ripening By Genetic Transformation. R. In: *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops*. Vol. 3, "Quality Handling and Evaluation". Dris and S. M. Jain (eds.). Kluwer Academic Publishers. Netherlands, pp. 451-472.
- Millán, T. F. R.; López, P. S.; Roa, T. V.; Tapia, S. Ma., y Cava, R. 2001. Estudio de la estabilidad microbiológica del melón (*Cucumis melo* L) mínimamente procesado por impregnación al vacío. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición*. 51 (2):153-161
- Mishra B, Khatkar BS, Garg MK, Wilson LA. 2010. Permeability of edible coating. *Journal of Food Science and Technology*. 47:109-113
- Nair S. and Singh Z. 2003. Pre-storage ethrel dip reduce chilling injury, enhances respiration rate, ethylene production and improves fruit quality of 'Kensington' mango. *Food, Agriculture and Environment*. 1(2): 93-97.
- Navarro, M.LL., Pérez-Gago M.B., del Río M.A. 2002. Effect Of Hydroxypropyl Methylcellulose-Beeswax Edible Composite Coatings On 'Angeleno' Plum Quality During Storage. Session 76C, Fruit & Vegetable Product: Fresh Fruits and Vegetables. 2002 Annual Meeting and Food Expo - Anaheim, California.

- Nishiyama K., Guis M., Rose J. K. C., Kubo Y., Bennett K. A., Wangjin L., Kato K., Ushijima K., Nakano R., Inaba A., Bouzayen M., Latche A., Pech J. C., Bennett A. B. 2007. Ethylene regulation of fruit softening and cell wall disassembly in Charentais melon. *Journal of Experimental Botany*. 58(6):1281-1290.
- Nisperos, M.O. and E.A. Baldwin. 1988. Effect of two types of edible films on tomato fruit ripening. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 101:217-220.
- Novoa R. H., Bojacá M., Galvis J. A., Fischer G. 2006. La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana*. 24(1): 77-86.
- Obando J., Miranda C, Dekempeneer E., Moreno E., Martínez J.A., Arús P., García-Mas J., Nicolai B., Lammertyn J., Monforte A.J., Fernández-Trujillo J.P. 2009. Compuestos volátiles discriminantes del comportamiento climatérico en melón. <http://209.85.173.132/search?q=cache:LgtBIMWrf9gJ:www.horticom.com/pd/imagenes/65/899/65899.pdf+Compuestos+vol%C3%A1tiles+discriminantes+del+comportamiento+climat%C3%A9rico+en&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx>. Acceso 18 marzo 2009.
- Olivas G.I, Barbosa-Cánovas G.V. 2005. Edible coatings for fresh-cut fruits. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 45:657–670.
- Oms-Oliu G., Soliva-Fortuny R., Martín-Belloso O. 2007a. Effect of ripeness on the shelf-life of fresh-cut melon preserved by modified atmosphere packaging. *Journal European Food Research and Technology*. 225:301–311.
- Oms-Oliu G., Soliva-Fortuny R., Martín-Belloso O. 2007b. Evolución De La Calidad De Melón ‘Piel De Sapo’ Fresco Cortado Bajo Diferentes Atmósferas Modificadas. V Congreso Iberoamericano De Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Disponible en: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/69/695/69695.pdf>.
- Park H.J., Chinnan, M.S. and Shewfelt, R.L. 1994. Edible coating effects on storage life and quality of tomatoes. *Journal of Food Science*. 59 (3): 568-570.
- Park, H.J. 1999. Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends in Food Science and Technology*. 10: 254-260.

- Paul V. and Pandey R. 2011. Role of internal atmosphere on fruit ripening and storability a review. *Journal of Food Science and Technology*. DOI 10.1007/s13197-011-0583-x.
- Paul V.; Pandey R. and Girish C. S. 2012. The fading distinctions between classical patterns of ripening in climacteric and non-climacteric fruit and the ubiquity of ethylene: An overview. *Journal of Food Science and Technology*. 49(1):1–21.
- Payasi A., Nath Mishra N., Soares Chaves A. L., Singh R. 2009. Biochemistry of fruit softening : an overview. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 15(2): 103-113.
- Pech J.C., Sharkawi I, Chaves A.L.S., Li Z, Ielièvre J.M., Bouzayen M, Frasse P., Zegzouti H. and Latché A. 2002. Recent developments on the role of ethylene in the ripening of climacteric fruits. *Acta Horticulture*. 587:489-495.
- Pérez-Gago M.B., Rojas C. and Del Río M.A. 2002. Effect of Lipid Type And Amount Of Edible Hydroxypropyl Methylcellulose-Lipid Composite Coatings Used To Protect Postharvest Quality Of Mandarins Cv. Fortune. *Journal of Food Science*. 67 (8): 2903-2910.
- Pesis E., Marinansky R., Zauberman G., Fuchs Y. 1994. Prestorage Low-oxygen Atmosphere Treatment Reduces Chilling Injury Symptoms in 'Fuerte' Avocado Fruit. *HortScience* 29(9): 1042-1046.
- Pesis E., Ackerman M., Ben-Arie R., Feygenberg O., Feng X., Apelbaum A., Goren R., Prusky D. 2002. Ethylene involvement in chilling injury symptoms of avocado during cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 24:171–181.
- Pitrat M. 2008. *Handbook of Plant Breeding*. Springer, New York Pages, pp. 283-315
- Reid M.S. 2002. Maturation and maturity indices. In: *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Kader A. A. (ed). ANR Publications, Oakland, CA. pp: 55-62.
- Reyes Avalos M.C., Gaytan Alemán L., Meza Velásquez J.A. y Esparza Rivera J.R. 2008. Efecto de la aplicación de una película comestible sobre propiedades físicas y químicas de melón almacenado en frío. *AlimenPack Alfa Editores Técnicos*. 4 (4): 10-12.

- Ritenour M. A., Crisosto C. H., Garner D. T., Cheng G. W, Zoffoli J. P. 1999. Temperature, length of cold storage and maturity influence the ripening rate of ethylene-preconditioned kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 15: 107- 115.
- Rodríguez M.S., Ramos V. and Agulló E. 2003. Antimicrobial Action of Chitosan against Spoilage Organisms in Precooked Pizza. *Journal of Food Science*. 68 (1): 271-274.
- Rolle, R.S. and G.W. Chism, 1987. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *Journal of Food Quality*. 10: 157-177.
- Romero A. F. 2006. Mecanismos reguladores de la maduración de los frutos climatéricos. discurso del académico numerario Ilmo. Sr. D. Félix Romero Almela, leído en la sesión solemne de apertura de curso el día 23 de febrero de 2006. Ed. Academia de Ciencia de Murcia, España. pp. 74
- Rudell D. R., Mattheis J. P. and Fellman J. K. 2006. Influence of Ethylene Action, Storage Atmosphere, and Storage Duration on Diphenylamine and Diphenylamine Derivative Content of Granny Smith Apple Peel. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 54(6):2365-71.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2005. Melón. II. Producción nacional. Superficie sembrada. Volumen de producción. (<http://www.siap.sagarpa.gob.mx/modelos/Cadenas/melon/prodnal>. (consultado, mayo de 2007).
- Saladie M., J. Matas J. A., Isaacson T., Jenks M. A., Goodwin S. M., Niklas K. J., Xiaolin R., Labavitch J. M., Shackel K. A., Fernie A. R., Lytovchenko A., O'Neill M. A., Watkins C. B., and Rose J. K.C. 2007. A Reevaluation of the Key Factors That Influence Tomato Fruit Softening and Integrity. *Plant Physiology*. 144: 1012–1028.
- Sala J.M. 1998. Involvement of oxidative stress in chilling injury in cold-stored mandarin fruits. *Postharvest Biology and Technology*. 13:255-261.
- Sala, J.M. and Lafuente, M.T. 2000. Catalase enzyme activity is related to tolerance of mandarin fruit to chilling. *Postharvest Biology and Technology*. 20:81-89.

- Saltveit M.E. 2004. Respiratory metabolism. United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook 66. Disponible en: <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/019respiration.pdf>. Accesado en Agosto de 2005. Washington, D.C. E.U.
- Salunkhe, D.K. 1991. Storage, processing, and nutritional quality of fruits and vegetables; processed fruits and vegetables. Boca Raton, FL, CRC, pp. 195.
- Shalit, M., Katzir, N., Tadmor, Y., Larkov, O., Burger, Y., Shalekhet, F., Lastochkin, E., Ravid, U., Amar, O., Edelstein, M., Karchi, Z., Lewinsohn, E. 2001. Acetil- CoA: alcohol acetyltransferase activity and aroma formation in ripening melon fruits. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 49: 794- 799.
- Tieman, D. M., Zeigler, M., Schmelz, E., Silva J. A., Da Costa T. S., Lucchetta L., Marini L. J, Zanuzo M. R., Nora L., Nora F. R., Richard M., Rombaldi C. V. 2004. Characterization of ripening behavior in transgenic melons expressing an antisense 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) oxidase gene from apple. *Postharvest Biology and Technology* 32:263–268
- Sohail S. S., Biswas M. A. S. and Hyun Oh J. 2006. Physical, Morphological, and Barrier Properties of Edible Casein Films with Wax Applications. *Journal of Food Science*. 71 (4): 255-259
- Sozzi G.O. 2004. Strategies for the Regulation of Postharvest Fruit Softening by Changing Cell Wall Enzyme Activity. In: *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops*, Vol. 4, “Postharvest Treatment and Technology”. R. Dris and S. M. Jain (eds.). Kluwer Academic Publishers. Netherlands, pp. 135–172.
- Sun Y; Chen P.; Duan Ch. Tao P.; Wang Y.; Ji K.; Hu Y.; Li Q.; Dai Sh.; Wu Y.; Luo H.; Sun L. and Leng P. 2012. Transcriptional Regulation of Genes Encoding Key Enzymes of Abscisic Acid Metabolism During Melon (*Cucumis melo L.*) Fruit Development and Ripening. *Journal Plant Growth Regulation*. DOI 10.1007/s00344-012-9293-5
- Suslow T. V, Cantwell M. and Mitchell J. 2002. Melón Cantaloupe: (Chino o de Red) Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Department of Vegetable Crops, University of California, Davis, CA 95616. Traducido por Clara Pelayo Depto.

- Biología. CBS. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México, D.F. Produce/Producefacts/Espanol/MelonCantaloupe.shtml updated June 10, 2002. disponible:<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/MelonCantaloupe.shtml>
- Tapia M.S., Rojas-Grau M.A., Rodríguez F.J., Ramírez J., Carmona A. and Martín-Belloso O. 2007. Alginate- and Gellan-Based Edible Films for Probiotic Coatings on Fresh-Cut Fruits. *Journal of Food Science*. 72 (4): 190-196.
- Thompson J.F. 2004. Pre-cooling and storage facilities. United States Department of Agriculture, agriculture Handbook 66, Disponible en: <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/011cooling.pdf>. Accesado en Agosto de 2005. Washington, D.C., E.U.
- Tien, C.L., Vachon, C., Mateescu, M.A. and Lacroix. 2001. Milk protein coatings prevent oxidative browning of apples and potatoes. *Journal of Food Science*. 66(4): 512.
- Tosun N., Sule U. and Belkis T.. 2008. Physical and chemical changes during ripening of blackberry fruits Ilkay. *Science agriculture. (Piracicaba, Braz.)*. 65 (1). Disponible: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162008000100012>.
- Ueda Y., Fujishita N. And Chachin K. 1997. Presence of alcohol acetyltransferase in melon (*Cucumis melo*). *Postharvest Biology and Technology*. 10:121-126
- Urbano B. I.; Vasconcelos R. R.; Cavalini F C.; Jacomino A. P. and Trevisan M. J. 2005. Temperature-Related Changes In Respiration And Q10 Coefficient Of Guava. *Science and Agriculture*, 62 (5): 458-463.
- Valero D., Pérez-Vicente A., Martínez-Romero D., Castillo S., Guillén F., Serrano M. 2002. Plum Storability Improved after Calcium and Heat Postharvest Treatments: Role of Polyamines. *Journal of Food Science*. 67 (7): 2571-2575.
- Valverde J. M., Valero D., Martínez-Romero D., Guillén F. N., Castillo S., Serrano M. 2005. Novel Edible Coating Based on Aloe vera Gel To Maintain Table Grape Quality and Safety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53:7807-7813.

- Vicente A.R., Costa M.L., Martínez G.A., Chaves A.R., Civello P.M. 2005. Effect of heat treatments on cell wall degradation and softening in strawberry fruit. *Postharvest biology and Technology*. 38:213-222.
- Vigneault C., Bart J.A. and Sargent S.A. 2000. Postharvest decay risk associated with hydrocooling tomatoes. *Plant Disease*. 84: 1314-1318.
- Wang C. Y. and Adams D. O. 1982. Chilling-Induced Ethylene Production in Cucumbers (*Cucumis sativus* L.). *Plant Physiology*. 69: 424-427
- Wang T., Gonzalez A.R., Gbur E.E., Aselage J.M. 1993. Organic Acid Changes During Ripening of Processing Peaches. *Journal of Food Science*. 58(3): 631-632.
- Wang C. Y. 2000. Postharvest techniques for reducing low temperature injury in chilling-sensitive commodities. In: *Improving Postharvest Technologies for Fruits, Vegetables and Ornamentals*. F. Artés, M.I. Gil and M.A (Eds). Conesa. II, pp. 467-473.
- Watada, A.E., Abe, K., and Yamuchi, N. 1990. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology*. 44(5): 116.
- Watada, A.E., Ko, N.P., and Minott, D.A. 1996. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. *Postharver Biology and Technology*. 9: 115.
- Zagory D. and Kader A.A. 1988. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce. *Food Technology*. 42(9):70-74, 76-77.
- Zhou H.W., Dong L.; Ben-Arie R. and Lurie S. 2001. The role of ethylene in the prevention of chilling injury in nectarines. *Journal of Plant Physiology*. 158(7): 55-61.
- Zhu H. L., Zhu B. Z., Fu D. Q., Xie Y. H., Hao Y. L. and Luo Y. B. 2005. Role of Ethylene in the Biosynthetic Pathways of Aroma Volatiles in Ripening Fruit. *Russian Journal of Plant Physiology*. 52(5): 691–695.

RESUMEN BIOGRÁFICO

Jorge Armando Meza Velázquez

Candidato para el grado de Doctor en Ciencias Biológicas con acentuación en alimentos

Tesis: APLICACIÓN DE HIDROENFRIAMIENTO Y UNA CUBIERTA DE POLÍMERO AL MELÓN CANTALOUPE PARA DISMINUIR SU TASA DE RESPIRACIÓN Y ACTIVIDAD ENZIMÁTICA.

Campo de estudio: Ciencia de los Alimentos

Datos personales: Nacido el 04 de marzo de 1968 en la Cd de Gómez Palacio, Durango.
Hijo de Francisco Meza Miranda y Elisa Velázquez Hurtado.

Educación: Egresado de la Universidad Juárez del Estado de Durango como Ingeniero en Ciencias y Tecnología de los Alimentos y de la Universidad Autónoma de Chihuahua con el Grado de Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Experiencia Profesional: Profesor de Tiempo completo en la Facultad de Ciencias Químicas de la UJED desde 1999