



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO**  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y EMPAQUE EN LA  
CONSERVACIÓN DE FLOR DE CALABAZA (*Cucurbita spp*)**

**T E S I S**

QUE COMO REQUISITO PARA  
OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS EN:  
CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA**

**P R E S E N T A:**

**CÉSAR URIEL LÓPEZ PALESTINA**



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



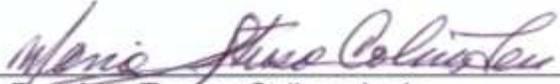
Octubre, 2010  
Chapingo, México

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y EMPAQUE EN LA  
CONSERVACIÓN DE FLOR DE CALABAZA (*Cucurbita spp*)**

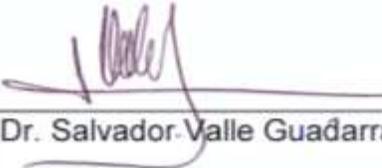
Tesis realizada por César Uriel López Palestina bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN:**

**CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA**

DIRECTOR:   
Dra. Ma. Teresa Colinas León

ASESOR:   
Dra. Ma. Teresa Martínez Damián

ASESOR:   
Dr. Salvador Valle Guadarrama

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Chapingo, ya que a través del Programa de Maestría en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria, logre otro grado académico en mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo brindado durante mis estudios de Maestría.

A la Dra. Ma. Teresa Colinas León, por dirigir la presente investigación, por su gran apoyo, paciencia y dedicación para que este trabajo se concluyera exitosamente.

A la Dra. Ma. Teresa Martínez Damián, por formar parte del Consejo Asesor, por su excelente disponibilidad, asesoría y colaboración en la realización de la tesis.

Al Dr. Salvador Valle Guadarrama por su invaluable apoyo brindado, así como su paciencia en la revisión de este trabajo.

Al Ing. Cecilio Bautista Bañuelos y al C. Anastasio Ramírez Coronel, por compartir su valiosa experiencia en la realización experimental de esta investigación.

A mis compañeros y amigos de la Maestría por su comprensión y apoyo en los problemas difíciles, y su valiosa compañía.

## DEDICATORIAS

*Al cimiento de mi vida, Dios.*

*A mis padres y hermanos.*

*A mi cuñada y sobrinos.*

*A mis amigos.*

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

El Ing. César Uriel López Palestina, realizó sus estudios de Licenciatura (2002-2006), y Maestría en Ciencias en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria (2008-2010) en el Departamento de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Autónoma Chapingo. Su desempeño profesional ha sido en la Docencia a nivel Medio Superior y en el Sector Público, en el área de formación de micro y medianas empresas de carácter agroindustrial, capacitación y asesoría técnica.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA</b> .....	<b>4</b>
2.1 IMPORTANCIA.....	4
2.2 ORIGEN.....	5
2.3 MORFOLOGÍA Y TAXONOMÍA .....	8
2.3.1 <i>Descripción botánica</i> .....	8
2.3.2 <i>Estructura</i> .....	9
2.3.3 <i>Biología Floral</i> .....	10
2.4 IMPORTANCIA DE LA FLOR DE CALABAZA .....	11
2.5 SENESCENCIA DE LA FLOR CORTADA .....	12
2.6 REFRIGERACIÓN .....	14
2.7 ATMÓSFERAS MODIFICADAS .....	16
2.8 MATERIALES DE EMPAQUE .....	18
<b>3. MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>22</b>
3.1 MATERIAL VEGETAL .....	22
3.2 DISEÑO DE TRATAMIENTOS Y EXPERIMENTOS .....	22
3.3 VARIABLES EVALUADAS .....	23

3.3.1 Pérdida de peso.....	23
3.3.2 Color.....	23
3.3.3 Carotenoides totales.....	24
3.3.4 Intensidad respiratoria .....	24
3.3.5 Acetaldehído y etanol .....	25
3.3.6 Fenoles totales .....	26
3.3.7 Actividad de la enzima Polifenoloxidasa (EC 1.10.3.1).....	26
3.3.8 Apariencia visual.....	27
3.3.9 Análisis estadístico .....	27
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>29</b>
4.1 PÉRDIDA DE PESO .....	29
4.2 COLOR.....	32
4.3 CAROTENOIDES TOTALES.....	40
4.4 INTENSIDAD RESPIRATORIA.....	44
4.5 ACETALDEHÍDO Y ETANOL .....	48
4.6 FENOLES TOTALES .....	52
4.7 ACTIVIDAD DE LA ENZIMA POLIFENOLOXIDASA (EC 1.10.3.1).....	56
4.8 ANÁLISIS VISUAL.....	59
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. COMPOSICIÓN DE DIFERENTES PARTES COMESTIBLES DE LA PLANTA DE CALABAZA (CON BASE EN 100G). .....	6
CUADRO 2. PROPIEDADES DE ALGUNOS EMPAQUES PLÁSTICOS.....	21
CUADRO 3. EFECTO DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE CONSERVACIÓN Y DIFERENTES EMPAQUES EN LA ACTIVIDAD DE LA PÉRDIDA DE PESO (%) EN FLOR DE CALABAZA DURANTE EL PERIODO DE ALMACENAMIENTO.....	29
CUADRO 4. EFECTO DE LA INTERACCIÓN EMPAQUE*TEMPERATURA SOBRE PÉRDIDA DE PESO (%) DE FLOR DE CALABAZA A DIFERENTES DÍAS DE ALMACENAMIENTO .....	31
CUADRO 5. EFECTO DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE CONSERVACIÓN Y DIFERENTES EMPAQUES SOBRE LA LUMINOSIDAD (%) EN FLOR DE CALABAZA DURANTE EL PERIODO DE ALMACENAMIENTO.....	33
CUADRO 6. EFECTO DE LA INTERACCIÓN EMPAQUE*TEMPERATURA SOBRE LA LUMINOSIDAD (%) EN FLOR DE CALABAZA A DIFERENTES DÍAS DE ALMACENAMIENTO .....	34
CUADRO 7. EFECTO DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE CONSERVACIÓN Y DIFERENTES EMPAQUES SOBRE EL ÁNGULO DE TONO (°HUE) EN FLOR DE CALABAZA DURANTE EL PERIODO DE ALMACENAMIENTO.....	35

CUADRO 8. EFECTO DE LA INTERACCIÓN EMPAQUE*TEMPERATURA SOBRE EL ÁNGULO DE TONO (°HUE) EN FLOR DE CALABAZA A DIFERENTES DÍAS DE ALMACENAMIENTO .....	36
CUADRO 9. EFECTO DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE CONSERVACIÓN Y DIFERENTES EMPAQUES SOBRE EL ÍNDICE DE SATURACIÓN (CROMA) EN FLOR DE CALABAZA DURANTE EL PERIODO DE ALMACENAMIENTO.....	37
CUADRO 10. EFECTO DE LA INTERACCIÓN EMPAQUE*TEMPERATURA SOBRE EL ÍNDICE DE SATURACIÓN (CROMA) EN FLOR DE CALABAZA A DIFERENTES DÍAS DE ALMACENAMIENTO. ....	38
CUADRO 11. EFECTO DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE CONSERVACIÓN Y DIFERENTES EMPAQUES EN EL CONTENIDO DE CAROTENOIDES ( $\mu\text{G G}^{-1}$ DE PESO FRESCO) EN FLOR DE CALABAZA DURANTE EL PERIODO DE ALMACENAMIENTO....	40
CUADRO 12. EFECTO DE LA INTERACCIÓN EMPAQUE*TEMPERATURA EN EL CONTENIDO DE CAROTENOIDES ( $\mu\text{G G}^{-1}$ DE PESO FRESCO) EN FLOR DE CALABAZA A DIFERENTES DÍAS DE ALMACENAMIENTO. ....	41
CUADRO 13. EFECTO DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE CONSERVACIÓN Y DIFERENTES EMPAQUES EN LA INTENSIDAD RESPIRATORIA ( $\text{ML KG}^{-1} \text{H}^{-1}$ ) EN FLOR DE CALABAZA DURANTE EL PERIODO DE ALMACENAMIENTO.....	44
CUADRO 14. EFECTO DE LA INTERACCIÓN EMPAQUE*TEMPERATURA EN LA INTENSIDAD RESPIRATORIA ( $\text{ML KG}^{-1} \text{H}^{-1}$ ) EN FLOR DE CALABAZA A DIFERENTES DÍAS DE ALMACENAMIENTO. ....	47

CUADRO 15. EFECTO DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE CONSERVACIÓN Y DIFERENTES EMPAQUES EN LA PRODUCCIÓN DE ACETALDEHÍDO ( $\mu\text{G.G}^{-1}$ DE PESO FRESCO) EN FLOR DE CALABAZA DURANTE EL PERIODO DE ALMACENAMIENTO....	48
CUADRO 16. EFECTO DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE CONSERVACIÓN Y DIFERENTES EMPAQUES EN LA PRODUCCIÓN DE ETANOL ( $\mu\text{G.G}^{-1}$ DE PESO FRESCO) EN FLOR DE CALABAZA DURANTE EL PERIODO DE ALMACENAMIENTO.....	50
CUADRO 17. EFECTO DE LA INTERACCIÓN EMPAQUE*TEMPERATURA EN LA PRODUCCIÓN DE ACETALDEHÍDO ( $\mu\text{G.G}^{-1}$ DE PESO FRESCO) EN FLOR DE CALABAZA A DIFERENTES DÍAS DE ALMACENAMIENTO. ....	51
CUADRO 18. EFECTO DE LA INTERACCIÓN EMPAQUE*TEMPERATURA EN LA PRODUCCIÓN DE ETANOL ( $\mu\text{G.G}^{-1}$ DE PESO FRESCO) EN FLOR DE CALABAZA A DIFERENTES DÍAS DE ALMACENAMIENTO. ....	52
CUADRO 19. EFECTO DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE CONSERVACIÓN Y DIFERENTES EMPAQUES EN LA PRODUCCIÓN DE FENOLES TOTALES ( $\text{MG.G}^{-1}$ DE PESO FRESCO) EN FLOR DE CALABAZA DURANTE EL PERIODO DE ALMACENAMIENTO. ....	53
CUADRO 20. EFECTO DE LA INTERACCIÓN EMPAQUE*TEMPERATURA EN LA PRODUCCIÓN DE FENOLES TOTALES ( $\text{MG.G}^{-1}$ DE PESO FRESCO EN FLOR DE CALABAZA A DIFERENTES DÍAS DE ALMACENAMIENTO. ....	55
CUADRO 21. EFECTO DE DIFERENTES TEMPERATURAS DE CONSERVACIÓN Y DIFERENTES EMPAQUES EN LA ACTIVIDAD DE LA ENZIMA POLIFENOLOXIDASA ( $\text{UI.G}^{-1}$	

DE PESO FRESCO) EN FLOR DE CALABAZA DURANTE EL PERIODO DE ALMACENAMIENTO. ....	57
CUADRO 22. EFECTO DE LA INTERACCIÓN EMPAQUE*TEMPERATURA EN LA ACTIVIDAD DE LA ENZIMA POLIFENOLOXIDASA ( $U \cdot g^{-1}$ DE PESO FRESCO) EN FLOR DE CALABAZA A DIFERENTES DÍAS DE ALMACENAMIENTO.....	58

# EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y EMPAQUE EN LA CONSERVACIÓN DE FLOR DE CALABAZA (*Cucurbita spp*)

## EFFECT OF TEMPERATURE AND PACKAGING ON THE CONSERVATION OF SQUASH BLOSSOMS (*Cucurbita spp*)

César Uriel López Palestina<sup>1</sup> y María Teresa B. Colinas León<sup>2</sup>

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes temperaturas de almacenamiento (4, 8 y 22°C) y empaque, dos tipos de películas plásticas (CRYOVAC®: CP9250 y PC7225) y testigo, sobre el comportamiento poscosecha de la flor de calabaza (*Cucurbita spp*). Las variables evaluadas para determinar la vida útil de la flor de calabaza fueron: pérdida de peso, color, carotenoides totales, intensidad respiratoria, metabolitos anaerobios (acetaldehído y etanol), fenoles totales, actividad de la polifenoloxidasas (PPO) y apariencia visual del producto. Se encontró que el uso combinado de bajas temperaturas y empaque plástico disminuyeron significativamente la pérdida de peso y el color, hubo una reducción en la tasa respiratoria, menor producción de metabolitos anaerobios y fenoles totales y baja actividad de la PPO, sin embargo también se registró una disminución en el contenido de carotenoides totales. El mejor tratamiento fue a 4° C con el uso de la película CP9250, presentando las flores de calabaza al octavo día de almacenamiento con una buena apariencia comercial.

**Palabras clave:** flor de calabaza, temperatura, empaque, vida útil.

<sup>1</sup>Autor, <sup>2</sup>Director de tesis

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of different storage temperatures (4, 8 and 22 ° C) and packaging, two types of plastic films (CRYOVAC®: CP9250 and PC7225) and control on the postharvest behavior of the squash blossom (*Cucurbita spp*). The variables measured to determine the shelf-life of the squash blossom were: weight loss, color, total carotenoids, respiratory rate, anaerobic metabolites (acetaldehyde and ethanol), total phenols, polyphenol oxidase activity (PPO) and visual appearance of the product. It was found that the combined use of low temperatures and plastic packaging significantly decreased weight and color loss. There was also a reduction in respiratory rate, lower production of anaerobic metabolites and total phenols and low PPO activity. However, a decrease in total carotenoid content was recorded. The best treatment was at 4 ° C with the use of the film CP9250, featuring squash blossoms on the eighth day of storage with a good commercial appearance.

Keywords: squash blossoms, temperature, packaging, shelf-life.

<sup>1</sup>Author, <sup>2</sup>Thesis adviser

# 1. INTRODUCCIÓN

La calabaza es uno de los cultivos cuya presencia a lo largo de la historia de los pueblos americanos la han convertido en un alimento tradicional, siendo muy popular en México y en la mayoría de los países donde existen variedades criollas para una determinada región (Pérez *et al.*, 1997). México se coloca como uno de los principales productores de calabazas en el mundo, siendo el principal país exportador en el periodo 2000-2005 (FAO, 2008), en promedio se producen 444,827.23 toneladas anualmente cuyo principal objetivo es la producción de verdura (SAGARPA, 2008).

Se considera un recurso vegetal muy importante para el consumidor mexicano, debido a sus estructuras (fruto y flor) las cuales se utilizan en una variedad de recetas en la alimentación mexicana. En el cultivo de calabaza es deseable que además de aprovechar los frutos como verdura, sirva para aprovechar sus flores (López *et al.*, 2000), ya que se está extendiendo su uso culinario hacia las mejores cocinas del mundo, como Italia, el sur de Francia y Estados Unidos (Walkup, 1997).

La flor de calabaza a pesar de sus cualidades, tiene la desventaja de presentar una limitada vida de anaquel debido a su estructura y diversos factores externos, siendo necesario el desarrollo de técnicas para su conservación. Una

de estas es la refrigeración que ha demostrado tener varias ventajas, como es la reducción en el metabolismo del producto en la síntesis y acción del etileno, además controla el desarrollo de insectos y microorganismos (Yahia y Ariza, 2001), aunque la vida útil de almacenamiento dependerá del producto hasta cierto punto, de su sensibilidad a la pérdida de agua, a su propia fisiología y a la composición de la atmósfera circundante (Tanner *et al.*, 2002). Otra técnica es el uso de atmósferas modificadas que en algunos productos puede ser efectiva para extender la vida útil ya que disminuye la tasa respiratoria, reduce los efectos del etileno sobre el metabolismo, se mantiene la firmeza y la turgencia de los productos, así como el contenido de ácidos orgánicos, azúcares, vitaminas, pigmentos y la calidad sensorial (Yahia, 1998; Ioannis *et al.*, 2005). La creación y mantenimiento de esta atmósfera óptima se puede conseguir en el empaque con una película plástica; sin embargo la fiabilidad de la atmósfera modificada del empaque dependerá de un riguroso control de la temperatura (Tano *et al.*, 2007).

Debido a que la flor de calabaza es un producto altamente perecedero su consumo en fresco es de forma casi inmediata. En un estudio realizado por Villalta *et al.*, (2004), probaron el efecto de la temperatura a 2.5, 5 y 10°C, determinaron la pérdida de peso, la apariencia visual y la respiración en poscosecha de flor de calabaza. Sus resultados mostraron que a temperaturas elevadas la pérdida de peso, la apariencia visual y la respiración fueron mayores en relación a temperaturas más bajas.

Actualmente existe poca información documental sobre el manejo poscosecha más adecuado que se le puede dar a la flor de calabaza; por lo es necesario una investigación que permita evaluar la fisiología del producto y/o extender la vida útil de la flor de calabaza después de la cosecha aplicando métodos de conservación. Con base en lo mencionado el objetivo planteado fue evaluar el efecto de la temperatura y empaque plástico en tecnología de atmósfera modificada, sobre el comportamiento poscosecha de la flor de calabaza.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Importancia

Las calabazas son generalmente cultivadas en pequeñas superficies de terreno o detrás de la casa, en huertos familiares y en la agricultura tradicional hasta grandes superficies. Por lo general, los datos de producción éstas en México no son reportados ya que a excepción de la calabacita (*cucurbita pepo*) el comercio de las demás especies es mínimo (Pérez *et al.*, 1997).

Según la FAO (2008), en una serie histórica del año 2000 al 2007, México ocupa el decimosegundo lugar de la superficie cosechada de calabazas, zapallos y calabazas confitadas en el mundo, de un total mundial de 1,510,880.74 hectáreas promedio por año, por su parte la India y China ocupan los primeros lugares con 24 y 19% de la superficie cosechada mundial respectivamente, sin embargo China es el principal productor ya que participa con el 26.59% de la producción promedio anual del mundo de 13,335,895.75 toneladas. Aunque nuestro país no figura dentro de los principales productores de calabazas en el contexto del comercio internacional, ocupó el primer lugar como país exportador de este producto (2000-2005), siendo el principal destino los Estados Unidos de América.

En México, con información de la SAGARPA (2008), en el periodo de 2003-2007 se registraron en promedio por año 5,300.94 hectáreas cosechadas de calabaza para verdura. En tan sólo tres estados se han concentrado los mayores porcentajes de dicho indicador representando el 55.22%, tan sólo Sinaloa participa con el 28%, le siguen Sonora y Puebla con el 14 y 13% respectivamente del total nacional. Por otra parte estos mismos estados son los principales productores de calabacita en nuestro país ya que aportaron el 30.56, 15.25 y 10.68% de la producción nacional respectivamente en ese mismo periodo de tiempo de un total anual de 444,827.23 toneladas.

Por otra parte este cultivo puede tener un aprovechamiento integral ya que se consumen los tallos, las flores y frutos (pulpa y semilla); ya sea con fines alimenticios, medicinales, industriales, comerciales o usos tradicionales, además dichas partes comestibles tienen un alto valor nutritivo (Ayala, 2002), como se muestra en el cuadro 1.

## **2.2 Origen**

El término calabaza evidentemente se derivó de la lengua de los indígenas norteamericanos para indicar un fruto, aparentemente de *Cucurbita pepo L.* el cual comían inmaduro o maduro o para consumir sus semillas. Ahora este término es empleado para designar a las distintas formas de *C. pepo L.* son consumidos inmaduros. Todos los cultivares de *C máxima Duch* y los cultivares de *C mixta Pang* se consumen maduros. Este término también es utilizado para

nombrar a ciertos cultivares de *C pepo* y *C moshata* que se consumen cocidos en estado maduro (Whitaker y Robinson, 1986).

**Cuadro 1. Composición de diferentes partes comestibles de la planta de calabaza (con base en 100g).**

Concepto	Fruto Maduro	Fruto Tierno	Hojas Frescas	Flores Mascullinas	Semillas
Agua	90 g	-	90 g	70.7 g	-
Proteínas	1.3 g	1.76 g	4.2 g	26.95 g	32.2 g
Lípidos	0.2 g	0.11 g	0.4 g	-	45.4 g
Azúcares	6 g	2.14 g	3.4 g	0.035 g	5.5 g
Sales minerales	0.4-0.5 g	-	-	-	-
Vitamina A (retinol)	-	100 UI	0.8 mg	-	-
Vitamina B1 (tiamina)	0.05 mg	60 mcg	0.14 mg	-	-
Vitamina B2 (riboflavina)	0.05 mg	40 mcg	0.17 mg	-	-
Vitamina B3 (niacina)	-	-	1.8 mg	-	-
Vitamina C	10.0 mg	20 mg	58.0 mg	16.32 mg	-
Carotenoides	2.0 mg	-	-	2.24 g	-
Fibra	-	-	1.5 g	-	12.1 g
Cenizas	-	-	1.6 g	2.80 g	-
Valor energético	-	17 cal	26.0 Kcal	-	2.834 KJ
Azúfre (S)	10 mg	-	-	-	-
Fósforo (P)	30 mg	21 mg	96.0 mg	12.38 g	852.0 mg
Sodio (Na)	3 mg	-	-	-	-
Potasio (K)	400 mg	-	-	37.63 mg	1111.0 mg
Magnesio (Mg)	10 mg	-	-	-	205.0 mg
Calcio (Ca)	21 mg	18 mg	127 mg	79.0 mg	11.4 mg
Hierro (Fe)	0.8 mg	0.6 mg	5.8 mg	6.50 mg	6.8 mg
Zinc (Zn)	0.21 mg	-	-	-	5.1 mg

Fuente: Ayala (2002).

El género *Cucurbita* es nativo de América. Existen evidencias de sitios arqueológicos en el sur-occidental de los Estados Unidos, México y en el norte de Sudamérica de *C pepo* L, *C moshata*, *C máxima*, *C mixta*, de que fueron ampliamente cultivadas en la era precolombina hacia el año 1942 a. c. (Whitaker y Robinson, 1986). La mayoría de las especies silvestres de este género se encuentran situadas en la región tropical o subtropical del sur de la ciudad de México, extendiéndose al sur con la frontera de México y Guatemala, sobre la base de estas pruebas se sugiere que esta área es el centro de distribución del género (Whitaker y Bemis, 1964).

Las especies del género *cucurbita* poseen el mayor número de datos arqueológicos, siendo superado únicamente por el maíz. Las semillas, pericarpio y pedúnculo de los frutos han puesto en evidencia su gran importancia, y su manejo por el hombre a través del tiempo en diferentes sistemas de cultivo. (Whitaker y Davis, 1962; Pérez *et al.*, 1997).

En su proceso evolutivo, las especies silvestres han desarrollado la reproducción sexual y mantienen su condición de plantas monoicas, pero con la tendencia a producir flores masculinas estériles. Se considera que la evolución genética es la base para que las especies del género *Cucurbita* hayan alcanzado la distribución geográfica actual y para que se diera variación genética observada desde su nivel silvestre hasta el nivel cultivado. Fue necesario que en estas especies hayan operado cambios evolutivos principalmente por adaptación y por selección (Valdez, 1992).

## 2.3 Morfología y taxonomía

A continuación se presenta la clasificación taxonómica perteneciente al cultivo de la calabaza según López, S/A citado por Pérez *et al.*, (1997):

<b>Clase:</b>	Angiospermae	<b>Tribu:</b>	Cucurbitineae
<b>Subclase:</b>	Dicotiledonea	<b>Género:</b>	<i>Cucurbita</i>
<b>Orden:</b>	Cucurbitales	<b>Especie:</b>	<i>Cucurbita spp.</i>
<b>Familia:</b>	Cucurbitaceae		

### 2.3.1 Descripción botánica

**Raíz:** El sistema radical de todas las especies cultivadas de *Cucurbita*, es extensivo y profundo. Después de la germinación de la semilla, las plantas rápidamente forman una raíz fuerte que puede penetrar hasta 20 cm en el suelo (Pérez *et al.*, 1997)

**Tallo:** Whitaker y Robinson (1986), señalan que las especies cultivadas de *Cucurbita* tienen una morfología similar en cuanto al tallo, se trata de un tallo rastrero, espinoso ya sea redondo o en ángulo, alcanzando longitudes de 12 a 15 m..

**Hojas:** Las especies de *Cucurbita* tienen hojas simples con 3 ó 5 lóbulos que varían en su tamaño con pedúnculos largos y huecos (Guenkov, 1974; Pérez *et al.*, 1997).

**Zarcillos:** Los zarcillos se originan en las axilas de las hojas y generalmente se presentan ramificados (Guenkov, 1974; Pérez *et al.*, 1997)

**Flores:** Las flores son grandes vistosas de color amarillo, corolas cremosas y son unisexuales. Los estambres de las flores están situadas cerca del centro de la planta y corren a cargo de delgados y largos, pedicelos (Whitaker y Robinson, 1986).

**Fruto:** Las especies cultivadas de *Cucurbita* presentan mucha variación en la forma, color, tamaño y textura del fruto (Guenkov, 1974; Pérez *et al.*, 1997).

**Semillas:** Las semillas son blancas, grisáceas o amarillentas, en forma ovalada y oblónge-aplanada (Vigliola, 2003); la capacidad de germinación se conserva durante 5-8 años en condiciones favorables (Guenkov, 1974; Pérez *et al.*, 1997).

### **2.3.2 Estructura**

La calabacita es una planta monoica que presenta entre 20 y 40 flores unisexuales dominando por lo común flores masculinas, estas flores se distinguen por un pedúnculo delgado y alargado, en cambio, en la flor femenina éste es grueso, corto y de forma prismática con 5 aristas y con ovario ínfero (Garza, 1985).

### **2.3.3. Biología Floral**

Whitaker y Robinson (1986), mencionan que el desarrollo floral fue descrito por Kirkwood en 1905 y no ha sido substancialmente modificado por investigaciones recientes. Los rasgos esenciales del esquema de desarrollo de las flores estaminadas y pistiladas es el siguiente:

Los sépalos surgen alrededor del margen del receptáculo, los pétalos siguen sobre un círculo interno, cada pétalo alterna con un par de sépalos. Los carpelos nacen del receptáculo, extendiéndose hacia arriba para formar el pistilo. Hay usualmente tres carpelos, pero ocasionalmente cuatro o cinco. Los márgenes reflejados de los carpelos forman la placenta. Los carpelos se presentan longitudinalmente al dorso parental, los cuales están unidos los óvulos. El ovario es ínfero y esta dividido en tres lóculos, es relativamente corto y robusto; el estigma situado por encima del ovario, generalmente tiene tres lóbulos, igual al número de carpelos. El tubo del cáliz y el tubo de la corola son pentalobulados. Las flores masculinas y femeninas son más o menos del mismo tamaño. En flores masculinas los filamentos están libres pero las anteras están unidas más o menos en una masa columnar. El polen y el néctar son producidos por las flores estaminadas y el néctar también es producido por el pistilo de las flores femeninas.

## 2.4 Importancia de la flor de calabaza

Más allá de su uso ornamental y del lenguaje que se les atribuye para expresar sentimientos, las flores ofrecen al paladar el doble placer que proporcionan sus característicos aromas y sabores. La tendencia de cocinar con flores, está muy en boga actualmente en restaurantes de Estados Unidos y Europa principalmente. El uso culinario de la flor de calabaza, se incluye en la comida italiana, especialidad que le da cabida en platillos como raviolos y croquetas. Los mexicanos son los que probablemente más las utilizan, existen diversos testimonios precortesianos sobre la rica y variada ingesta de flores entre los antiguos mexicanos desde hace miles de años, entre las que destaca la de calabaza, así que con esta flor en México, se preparan sopas, tortillas, quesadillas, salsas, flores rellenas y tamales entre otros (El Universal, 2008; Walkup, 1997).

Registros de nutrición comprueban que la flor de calabaza, como la planta que la produce, brindan considerables aportes de vitamina A y C, fundamentales para el óptimo funcionamiento de las mucosas o la vista. Asimismo, aporta minerales como sodio, potasio, hierro, calcio y zinc (El Universal, Septiembre 15, 2008).

Pérez *et al.*,(2000), conscientes de la importancia de la flor de calabaza en México, determinaron el efecto de la refrigeración y distintos empaques en la conservación de las propiedades fisicoquímicas encontrando que a 4 °C, se conserva bien por 12 días sin dejar de tener en cuenta que presentó un mayor

decremento en cuanto a sus propiedades fisicoquímicas con respecto a las flores almacenadas a 8 °C. Por su parte Villalta *et al.*, (2004), determinaron el periodo de vida comercial de la flor de calabaza encontrando que al día 7 de almacenamiento en un empaque de poliestireno a 2.5 y 5°C, aún presentaba una apariencia aceptable con tan sólo una pérdida de su peso del 2.5%.

## **2.5 Senescencia de la flor cortada**

La senescencia es el proceso que sigue de la madurez fisiológica y conduce a la muerte de una célula, un tejido, un órgano o una planta completa (Watada *et al.*, 1989). La duración de la flor cortada, al igual que de otros productos básicos perecederos, está limitada por el deterioro fisiológico y patológico (Dilley y Carpenter, 1975)

La senescencia provoca varios cambios morfológicos: cambios en color, marchitamiento de pétalos, pérdida de peso. Estos cambios se relacionan con el metabolismo en general caracterizado por una intensa proteólisis, una rápida absorción del líquido, una fuerte producción que representa la iniciación de la senescencia y un incremento en la respiración (Paulín y Muloway, 1979).

Los pétalos de las flores acumulan altos niveles de azúcares durante su desarrollo en la planta madre. Cuando la flor es cortada, la tasa del metabolismo de los azúcares es uno de los factores que determinan la longevidad de ésta (Nichols, 1975), esto se debe en gran medida, a la limitación de las reservas de carbohidratos y a la celeridad del proceso metabólico global (Wills *et al.*, 1998).

La respiración rápida de las flores cortadas es un indicador de su velocidad de senescencia, generándose calor como un producto colateral. Como en todos los sistemas biológicos, la respiración de las flores cortadas aumenta logarítmicamente con el incremento de la temperatura (Reid, 2002).

Además el rol del etileno en la aceleración de la senescencia de las flores cortadas es ampliamente aceptado. La producción de etileno por la planta o como producto de la contaminación atmosférica acelera los procesos normales de envejecimiento de las flores cortadas, (Dilley y Carpenter, 1979), algunos efectos que causa el etileno en éstas son el inicio de marchitamiento de las flores, color amarillento o necrosis (muerte) de las hojas, y ruptura de las hojas, capullos, pétalos y flores (Serek y Reid, 1997)

Los estudios moleculares en flores se han realizado fundamentalmente en clavel, que es una flor cuyo proceso de senescencia es muy sensible a la acción del etileno, es decir, es una flor climatérica. Los resultados obtenidos son de dos tipos: por un lado los genes involucrados en la producción del etileno los cuales codifican para las dos últimas enzimas de la ruta biosintética del etileno, la ACC sintasa y ACC oxidasa cuya expresión aumenta de forma paralela a la síntesis del etileno, porque la producción de éste en pétalos de clavel es un proceso autocatalítico (Woodson *et al.*, 1992; Valpuesta *et al.*, 1993). Por otro lado la expresión de los genes varía por la acción del etileno, responsables de la degradación de las membranas celulares durante la senescencia (Valpuesta *et al.*, 1993).

## 2.6 Refrigeración

Entre todas las tecnologías disponibles y utilizadas durante el almacenamiento de frutas y hortalizas, la refrigeración es la que tiene mayor efecto sobre la calidad de los productos al reducir la velocidad de deterioro, mantener la apariencia, el sabor y valor nutricional, además reduce la síntesis y acción del etileno; incrementa la resistencia de los vegetales a la acción del etileno y controla varios insectos y microorganismos; permitiendo un mayor intervalo de mercadeo en el tiempo (Watkins y Ekman, 2005; Yahia y Ariza, 2001). Por lo ello la refrigeración sigue siendo la tecnología más importante en la preservación de los alimentos, otras tecnologías y tratamientos disponibles sólo pueden considerarse como complementos, pero no como sustitutos a la refrigeración (Yahia y Ariza, 2001), y en productos hortofrutícolas el factor más importante para mantener la calidad y extender la vida útil de éstos después de la cosecha, es la temperatura (Tano, 2007).

El control de la temperatura del producto y la reducción del tiempo en el que el producto alcanza las temperaturas óptimas de enfriamiento son los aspectos más importantes para reducir pérdidas de calidad en los productos perecederos. El pre-enfriamiento inicial de los productos hortofrutícolas hasta cerca de su temperatura óptima de almacenamiento, puede realizarse por diversos métodos, que incluyen: cámaras de enfriamiento, aire frío forzado, agua fría, hielo troceado y enfriamiento por vacío. Sin embargo las características físicas y fisiológicas del producto pueden limitar la selección del

mejor método de enfriamiento y almacenamiento en refrigeración (Thompson *et al.*, 2002). A medida que desciende la temperatura disminuye la velocidad de las reacciones metabólicas y en consecuencia el deterioro del producto incrementándose la vida útil. Los efectos de la reducción de la temperatura sobre los distintos procesos fisiológicos no son uniformes. La velocidad de respiración, la producción de etileno y la transpiración son minimizadas. La tasa de respiración durante el almacenamiento depende principalmente de la temperatura y existe una relación directa, será mayor la tasa de respiración mientras más alta sea la temperatura, asimismo, se observa una relación inversa entre la tasa de respiración y la vida en almacenamiento (Kader, 2003). El crecimiento y dispersión de los patógenos se reduce al minimizarse el metabolismo de los mismos (Lurie, 2002).

El uso de la refrigeración es un método fácil y práctico, sin embargo presenta ciertas limitaciones dado que frutas y hortalizas presentan una temperatura crítica de almacenamiento, así mismo es importante conocer los intervalos de tolerancia a bajas temperaturas y el período de almacenamiento, ya que está determinado por la senescencia natural del producto, crecimiento de microorganismos, agentes causales de alteraciones y la lesión por frío para cada tipo de producto (Lurie, 2002).

Los sistemas de refrigeración para el almacenamiento de frutas deben además de enfriar el producto, ser capaces de extraer continuamente el calor desprendido como consecuencia de la actividad respiratoria y que mantengan una elevada humedad relativa, 90-95%. Asimismo, deben operar dentro de

rangos de temperatura muy estrechos,  $\pm 1$  °C de variación en el espacio y en el tiempo un rango de  $\pm 0,5$  °C, para lograr un máximo período de almacenamiento, evitar congelación y minimizar deshidratación (Kader, 2003).

En flores dado que son seres vivos cuyo metabolismo prosigue y vive a expensas de sus reservas y éstas tienen un límite, la refrigeración entonces, no hace otra cosa que inhibir el metabolismo de las flores para que este límite se alcance lo más tarde posible (Reid, 2004).

## **2.7 Atmosferas modificadas**

Las atmósferas modificadas se han desarrollado a lo largo de las últimas décadas como una técnica para mantener la alta calidad de hortalizas y frutos (Florence *et al.*, 2007); 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 determinadas condiciones de conservación (Martín-Belloso y Oms-Oliu, 2005). El almacenamiento en atmósfera modificada reduce la velocidad de respiración y producción de etileno, retardando el ablandamiento y cambios ocurridos en el producto, creando y manteniendo una microatmósfera óptima (usualmente reduciendo el nivel de O<sub>2</sub> y elevando los niveles de CO<sub>2</sub>) dentro del empaque (Lee *et al.*, 1991).

Kader (2002), menciona que las atmósferas modificadas (AM) o controladas (AC) son aquellas en las que se eliminan o añaden gases para crear una

composición atmosférica alrededor del producto que difiera de aquella del aire (78.08 % de N<sub>2</sub>, 20.95 % de O<sub>2</sub>, y 0.03 % de CO<sub>2</sub>). Usualmente esto involucra la reducción de oxígeno (O<sub>2</sub>) y/o la elevación de las concentraciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Las AM y AC solamente difieren en el grado de control, la AC es más exacta.

Cuando la generación y estabilización de la atmósfera se logra envasando el producto refrigerado en una película plástica, generalmente de permeabilidad selectiva a los gases del aire y cerrada herméticamente, la técnica se denomina envasado en atmósfera modificada (AM), esta técnica es ambientalmente sostenible, más flexible y barata de la AC lo que facilita su empleo en productos de corta vida útil, (Artés, 2006)

El uso de almacenamiento en atmósfera modificada (MAP) en postcosecha para la preservación de frutas y vegetales es una importante técnica para reducir las pérdidas y mantener la calidad, el efecto de la baja temperatura de almacenamiento la incrementa considerablemente. Una alta humedad relativa en la atmósfera circundante al producto, bajo O<sub>2</sub> y altas concentraciones de CO<sub>2</sub> en el empaque pueden reducir potencialmente la velocidad de respiración, sensibilidad y biosíntesis al etileno, la maduración, también el deterioro y cambios fisiológicos como la oxidación, el ablandamiento debido a la poligalacturonasa y pectinesterasa, la pérdida de acidez y de azúcares, la degradación de clorofilas, de antocianos y de carotenos (manteniendo el color de los productos) y oxidación de lípidos con potencial de enranciamiento, preserva el valor nutritivo (vitamina A y C) y limita los daños por frío y la

alteración microbiana, lo cual resulta benéfico para incrementar la vida del producto (Artés, 2006; Salvador *et al.*, 2002). Sin embargo Si el O<sub>2</sub> no desciende de unos 10 a 12 kPa (kilopascales) no suele ser eficaz para preservar la calidad del producto, mientras que entre 0,5 y 1,5 kPa (punto de extinción de la fermentación o punto de compensación anaeróbica, variable con el tipo de producto), induce la respiración anaerobia, que perjudica la calidad de los órganos vegetales en conservación. Más o menos al contrario sucede con los niveles de CO<sub>2</sub>, por lo que los efectos de la AM se deben a la tolerancia específica de cada producto a los bajos niveles de O<sub>2</sub> y/o a los moderados o elevados de CO<sub>2</sub> (Artes, 2006; Kader, 2002). Se requiere de alto conocimiento de las propiedades de las cubiertas o materiales a ser utilizados, de lo cual va a depender la permeabilidad del material envolvente, concentración y movimiento de gases dentro del empaque (Watkins, 2000; Lange, 2000).

El uso de las atmósferas modificadas es una práctica comercial que ha dado resultados exitosos, aumentando el atractivo y la vida poscosecha al reducir las pérdidas y que son utilizadas en combinación con algunos tratamientos poscosechas y como complemento de otras técnicas como la refrigeración y atmósferas controladas (Day, 2001).

## **2.8 Materiales de empaque**

Los empaques o envases son una cobertura que contiene y protege adecuadamente al producto, además que permite su uso y permite su manipulación (Di Gioia, 1995). Los empaques en frutas y vegetales tienen una

actividad dinámica, impulsados principalmente por las demandas de los consumidores para obtener productos frescos, más seguros, más nutritivos y conveniente para adquirir (Wilson, 2007).

En la actualidad están disponibles materiales plásticos de empaque con un amplio rango de permeabilidad a los gases lo cual ha generado un mayor interés en el uso de plásticos en atmósferas modificadas para lograr alargar la vida de anaquel poscosecha de frutos y hortalizas frescas (Thompson, 1996). En consecuencia Artés (2006) menciona que los polímeros plásticos destinados al empaque en AM de productos vegetales frescos (tanto enteros como para mínimos procesados), para envases de venta al por menudeo deben reunir las siguientes características:

- Permeabilidad requerida y en su caso, selectiva para los distintos gases
- Baja permeabilidad al vapor de agua
- Elevada transparencia, claridad y brillo
- Buena resistencia térmica al calor y al ozono
- Facilidad para sellarse por calor a temperatura relativamente baja (30-40 °F)
- Inocuo que no reaccione con el tejido vegetal
- Fácil manejo en el envasado y etiquetado mecanizado a alta velocidad, entre otros.

De entre ellas, la esencial es que disponga de una permeabilidad idónea para mantener la atmósfera adecuada a la temperatura de conservación óptima, sin

desatender que favorezca la calidad, higiene y seguridad alimentaria del producto que contiene y que se convierta en un elemento positivo clave en la comercialización, sobre todo que resulte atractivo al comprador (Artés, 2006).

Los recientes avances tan notables de la técnica AM, se deben en buena medida a la aparición en el mercado de nuevos polímeros y envases, con un amplio rango de difusión a los gases, aunque solo unos pocos presentan las características para generar AM idóneas en productos vegetales (González *et al.*, 1998; Martínez y Artés, 2005).

Algunos de los plásticos utilizados son: Acetato de celulosa (CA), Polietileno de alta densidad (HDPE); Polietileno de baja densidad (LDPE), Polietileno lineal de baja densidad (LDPE), Tetraftalato de polietileno (PET); Cloruro de polivinilo (PVC) (Hernández *et al.*, 2000). Las características de algunos de los plásticos flexibles se describen en el cuadro 2.

Artés (2006), menciona que el polietileno (PE) es el polímero más empleado en el envasado en atmósfera modificada. El PE de baja densidad, presenta una elevada selectividad, importante para bajar el nivel de O<sub>2</sub> sin que aumente en exceso el CO<sub>2</sub> en el envase. Se clasifica industrialmente por su densidad e impermeabilidad creciente al vapor de agua en alta, media, baja y ultrabaja

**Cuadro 2. Propiedades de algunos empaques plásticos.**

<b>Propiedad</b>	<b>HDPE</b>	<b>LDPE</b>	<b>PVC</b>
Fuerza tensil MPa (x 10 <sup>3</sup> psi)	22-31 (3.2-4.5)	19-44 (2.7-6.5)	41-69 (6.0-10.0)
Elongación %	10-1200	600	5-135
Modulo de flexión MPa (x 10 <sup>3</sup> psi)	1000-1600 (145-225)	280-410 (40-60)	2620-3588
Impacto a la fuerza	Bueno	muy bueno	bueno
Barrera de O <sub>2</sub>	Pobre	Pobre	bueno
Barrera de vapor de agua	Excelente	Bueno	justo
Temperatura máxima de distorsión °C (°F)	62-91 (144-196)	40-44 (104-111)	57-82 (135-180)
<i>Permeabilidad a 25°C:</i>			
<i>µm/m<sup>2</sup> d KPa</i>			
O <sub>2</sub>	260	1900	
CO <sub>2</sub>	230	700	
N <sub>2</sub>	95	630	
H <sub>2</sub> O	7800	59000	

Fuente: Hernández *et al.* (2000)

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Material Vegetal**

Para la realización de este trabajo se utilizó como material vegetal flor de calabaza (*Cucurbita spp*), la materia prima fue proveniente de San Diego, Texcoco, Estado de México, la cual fue cosechada por la tarde un día anterior a la instalación del experimento.

#### **3.2 Diseño de tratamientos y experimentos**

El diseño de tratamientos consistió en un arreglo factorial (3 x 3), siendo 50 g  $\pm$  1g de flores de calabaza la unidad experimental con 3 repeticiones, los factores fueron: temperatura de almacenamiento (4, 8 y 22° C) y el empaque (dos películas plásticas y testigo). Las evaluaciones se realizaron los días 1, 2, 4, 6, 8, 10 y 12 después de establecido el experimento. Las flores de calabaza se empacaron en dos películas poliméricas existentes en el mercado nacional de la marca CRYOVAC®: CP9250 (44  $\mu$ m de espesor) película multicapa de polietileno lineal coextruida no termoformable y PC7225 (63  $\mu$ m de espesor) con una capa exterior de nylon y polietileno modificado, producidas por la compañía Sealed Air de México.

### 3.3 Variables evaluadas

#### 3.3.1 Pérdida de peso

Se utilizó una balanza digital Denver Instrument XE-3100 D. El registro de esta variable permitió conocer el porcentaje de peso perdido de la unidad experimental con respecto al peso inicial, el cálculo se realizó de la siguiente manera:

$$\%PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 ;$$

Donde: PP, es la pérdida de peso en porcentaje;  $P_i$ , es el peso inicial y  $P_f$ , es el peso final.

#### 3.3.2 Color

El color se determinó mediante un espectrofotómetro de esfera X-Rite modelo SP62, el cual se basa en las escalas de Hunter Lab dando tres lecturas, la primera "L" mide la luminosidad o brillantez de la muestra, cuyos valores varían desde 0 (que representa colores oscuros) hasta 100, que representa colores de máxima brillantez (blanco); Hue matiz o tono, es el atributo de la sensación visual que corresponde a las denominaciones de los colores como azul, verde, amarillo, etc. El matiz está relacionado con la longitud de onda o frecuencia dominante de las radiaciones visuales. Croma; atributo visual que permite estimar la proporción de color cromático puro contenido en la sensación visual. Una saturación nula corresponde a una ausencia de color, a un color

acromático. La escala de grises (blanco y el negro incluidos), posee una saturación nula. (Minolta, 1994)

### **3.3.3 Carotenoides totales.**

La cuantificación de carotenoides se realizó según Linchtenthaler (1989), para lo cual se colocaron 2.5g de flor de calabaza en un tubo de fondo plano y se homogenizó (Homogenizador Kika Labortechnik T25 basic) con acetona al 80%. Esto se aforo a 5 mL con acetona al 80%, inmediatamente con el uso del espectrofotómetro (Spectronic 21D Milton Roy) se tomaron las lecturas de absorbancia a 663, 646 y 470 nm. Se cálculo el contenido de carotenos mediante las siguientes fórmulas:

$$Ca = 16.72 A_{663} - 2.79 A_{646}$$

$$Cb = 21.50 A_{646} - 5.10 A_{663}$$

$$\text{Carotenos } \mu\text{g g}^{-1} \text{ peso fresco} = (1000 A_{470} - 1.82Ca - 85.02Cb)/198$$

### **3.3.4 Intensidad respiratoria**

Las muestras para medir la velocidad de respiración se obtuvieron por el método estático, (Mendoza-Wilson y Báez-Sañudo, 2000); las mediciones se realizaron en pequeñas cámaras herméticas, en las cuales el producto estuvo durante una hora, se tomó 1 mL de la atmósfera generada en las cámaras y se inyectó en un cromatógrafo de gases (Varian Star 3400). La temperatura del horno fue de 80 °C, y la del detector de 170 °C; así mismo se utilizó una columna empacada Propak N y un detector de conductividad térmica (TCD) para CO<sub>2</sub>. El cromatógrafo estuvo controlado por un programa de computo, de

tal manera que al inyectar los estándares mide el área del pico de CO<sub>2</sub>, el cual determina la concentración en ppm de los gases, también se le conoce como factor de calibración.

El equipo se calibró con gas de CO<sub>2</sub> (INFRA) 399 ppm. Los gases utilizados y sus flujos fueron aire (60 psi); He (80 psi); H<sub>2</sub> (40 psi); con un tiempo de corrida de 5 minutos. Los resultados se expresaron en mL CO<sub>2</sub>.Kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>

### **3.3.5 Acetaldehído y etanol**

Para determinar estos metabolitos, se utilizó la técnica de Davis y Chace (1969). De cada tratamiento evaluado se pesaron tres muestras de 5 g de tejido, las cuales fueron colocados en un vial de vidrio con tapa de teflón y septa de goma y se incubó a 40 °C durante 10 min. Enseguida se agitaron 5 segundos en un vortex y de cada frasco se tomó 1 mL del gas en el espacio de cabeza y se inyectó en un cromatógrafo de gases (Varian Star 3400). Las condiciones de operación del cromatógrafo para la determinación de ambos volátiles fueron: columna Propak N, nitrógeno como gas de acarreo, 160° C de temperatura en el inyector, 170° C en la columna y 170° C en el detector de iniciación de flama (FID). El tiempo de corrida fue de 7 minutos bajo las condiciones cromatográficas establecidas. En la cuantificación de etanol y acetaldehído se utilizaron estándares, los resultados se expresan en µg g<sup>-1</sup> de tejido fresco.

### **3.3.6 Fenoles totales**

La extracción de fenoles se hizo partiendo de 0.25 g de flor de calabaza a la que se agregó 5 mL de solución extractora (7:3 metanol:agua) y se homogenizó en un agitador orbital durante 30 segundos (Homogenizador Kika Labortechnik T25 basic); finalmente se centrifugó a 25000 xg (centrifuga Sorvall RC-5B Refrigerated Superspeed). La metodología para determinar fenoles fue la de Folin-Ciocalteu, modificada por Waterman y Mole (1994) en la siguiente rutina: se adicionaron 250  $\mu$ L del sobrenadante de la solución de metanol-agua (7:3) + 7.750 mL de agua destilada + 0.5 mL de la solución Folin-Ciocalteu. Después de 1 a 8 minutos se adicionó 1.5 mL de la solución de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  al 20% (considerando este momento como tiempo cero). La solución se dejó reposar por 2 horas y se tomó la lectura a 760 nm en el espectrofotómetro (Spectronic 21D Milton Roy). El contenido de fenoles se reportó en  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  de peso fresco.

La cuantificación de fenoles totales se realizó estableciendo una curva estándar de ácido tánico, de acuerdo con lo descrito por la AOAC (1995), la cual mostró un ajuste con una  $r^2=0.998$ . La ecuación obtenida con la regresión fue:

$$y = 0.009 (x) - 0.065.$$

Donde: y = absorbancia; x = concentración de fenoles.

### **3.3.7 Actividad de la enzima Polifenoloxidasa (EC 1.10.3.1)**

La actividad de la enzima polifenoloxidasa se evaluó con el método propuesto por Lamikanra (1995) con modificaciones. La enzima se extrajo a partir de 0.25

g de flor de calabaza con 5 mL de solución extractora Trizma HCl (tris-HCl) 100 mM (pH 7.1), fría, que contenía 1% de polivinil pirrolidona (PVP). La muestra de flor de calabaza en solución tris-HCl se trituró por 30 segundos con un homogenizador de tejidos (Kika Labortechnik T25 basic). El extracto se centrifugó (centrifuga Sorvall RC-5B Refrigerated Superspeed) a 25000  $\times g$  y 4 °C durante 30 minutos y una vez obtenido el sobrenadante, se tomó una alícuota de 250  $\mu L$  (extracto de la enzima) que se adicionaron a 3 mL de catecol. El cambio de absorbancia se evaluó con un espectrofotómetro (Spectronic 21D Milton Roy) a 420 nm durante dos minutos. La actividad enzimática se presenta en unidades por gramo de tejido fresco ( $U \cdot g^{-1}$  peso fresco), y cada unidad de polifenoloxidasas cataliza la síntesis de un  $mol \cdot min^{-1}$  de ó-benzoquinona.

### **3.3.8 Apariencia visual**

Se realizó una calificación visual de las flores de calabaza mediante la escala hedónica: 5=no hay daño o cambio; 4=muy ligero; 3=ligero; 2=moderado; 1=severo; 0=muy severo (Buta *et al.*, 1999), para definir el límite de aceptabilidad por el consumidor la evaluación de la apariencia se realizó con un panel no entrenado de 10 personas.

### **3.3.9 Análisis estadístico**

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar para dos factores como se mencionó en el diseño de experimentos. El análisis de los datos se realizó con apoyo del programa SAS System for Windows versión 9.0, para

conocer si existieron diferencia entre las medias con la prueba Tukey a una  $\alpha \leq 0.05$ .

Para el análisis visual los datos de la evaluación fueron analizados por medio del paquete Sigma Plot versión 10 graficando las barras de error estándar para determinar las diferencias.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Pérdida de peso

El análisis de varianza determinó efecto significativo ( $P \leq 0.05$ ) para temperatura y empaque con relación a la pérdida de peso. El efecto de la temperatura fue mejor a 4° C en donde la pérdida de peso fue menor en todos los tratamientos al mismo tiempo de almacenamiento (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Efecto de diferentes temperaturas de conservación y diferentes empaques en la actividad de la pérdida de peso (%) en flor de calabaza durante el periodo de almacenamiento.**

Factor	Nivel	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
T (°C)	4	7.44 b	13.98 b	17.00 b	1.76 a	2.68 a	3.29	4.52
	8	9.32 ba	15.06 b	21.63 a	2.87 a	2.60 a		
	22	13.74 a	23.16 a					
Empaque	CP9250	1.36 b	2.50 b	1.74 b	1.57 a	2.04 a	3.85 a	3.99 a
	PC7225	1.23 b	1.85 b	1.72 b	3.07 a	3.24 a	2.73 a	5.05 a
	Testigo	27.90 a	47.85 a	54.48 a				
DMS <sup>y</sup>		5.06	5.67	6.06	1.63	1.31	2.27	1.98

<sup>z</sup>Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

En todas las temperaturas las pérdidas de peso fueron en aumento conforme transcurría el tiempo de almacenamiento, sin embargo la pérdida de peso de la

flor de calabaza almacenada a temperatura ambiente (22° C) presentó diferencias significativas ya que registró una mayor velocidad de pérdida comparado con las temperaturas más bajas como se observa en el cuadro 3, por lo que puede notarse claramente el beneficio obtenido con la refrigeración, además en los tratamientos almacenados a 4° C alargaron su periodo de almacenamiento por doce días. Alia-Tejacal *et al.*, (2007) reportan mayores pérdidas de agua en sapote mamey a mayor temperatura de almacenamiento del orden de 0.58, 0.98 y 1.83% por día almacenados a 10, 20 y 27° C respectivamente.

También el tipo de empaque muestra un beneficio en la conservación de la flor, ya que los tratamientos con las películas CP9250 y PC7225 presentaron menores pérdidas comparadas con aquellas flores de calabaza sin película (Cuadro 3), con lo cual se presentaron diferencias significativas en los tratamientos sin empaque, respecto aquellas flores empacadas en películas plásticas tal y como mencionan Colinas-León *et al.*, (2002) quienes encontraron mayores pérdidas de peso en seis diferentes especies ornamentales sin película plástica en comparación con los tratamientos con películas plásticas.

Los tratamientos a bajas temperaturas junto con el uso del empaque disminuyeron considerablemente las pérdidas de peso (Cuadro 4). En las flores de calabaza empacadas en película CP9250 a 4° C las pérdidas de peso fueron de 0.99% menos que a 8° C con el mismo tipo de película al octavo día de almacenamiento, las mayores pérdidas de peso en ese mismo periodo de tiempo fueron con película PC7225 a 4° C. A 4° C las mayores pérdidas de

peso junto con las películas plásticas se obtuvieron hasta al día 12 del almacenamiento, aunque no presentaron diferencias significativas las flores de calabaza empacadas en película PC7225 registraron 1.06% más pérdidas que aquellas empacadas en la película CP9250.

La menor vida útil del producto se registró en los tratamientos sin empaque siendo ésta más afectada a mayor temperatura, ya que al segundo día de almacenamiento el tratamiento a 22° C y sin empaque registró el mayor porcentaje de pérdida de peso (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Efecto de la interacción empaque\*temperatura sobre pérdida de peso (%) de flor de calabaza a diferentes días de almacenamiento**

Empaque	Temperatura (° C)	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
Testigo	4	19.18c <sup>z</sup>	38.81c	47.38b				
	8	26.50b	42.98b	61.58a				
	22	38.04a	61.76a					
CP9250	4	1.55d	1.27e	2.06c	1.29a	1.54b	3.85a	3.99a
	8	0.70d	0.78e	1.43c	1.86a	2.53ba		
	22	1.83d	5.44d					
PC7225	4	1.61d	1.85e	1.57c	2.25a	3.81a	2.73a	5.05a
	8	0.76d	1.43e	1.87c	3.88a	2.67ba		
	22	1.33d	2.27e					
DMS <sup>y</sup>		4.42	3.00	3.39	3.35	2.21	2.27	1.98

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

Estos resultados son similares a los reportados por Villalta *et al.* (2004), quienes encontraron pérdidas de peso del 3% en flores de calabaza empacadas en contenedores de poliestireno al séptimo día de almacenamiento a temperaturas de 5 y 2.5° C, sin encontrar diferencias significativas entre el efecto de las temperaturas, sin embargo después de 14 días de almacenamiento las pérdidas de peso a 5° C fueron de 7.32% y de 5.12% a 2.5° C. En el caso de la flor de calabaza resultan aceptables los valores de pérdida de peso con películas plásticas ya que según Villaescusa y Gil (2003), es común que en muchos productos ocurran pérdidas entre 3 y 6 % de peso fresco.

La pérdida de peso en la flor de calabaza al igual que como ocurre en otros productos pudiera deberse al paso de vapor de agua del producto al medio circundante y la velocidad a la que esto ocurre se afecta por la temperatura y la humedad relativa dentro del envase la cual alcanza valores altos lo que reduce el déficit de presión de vapor, que a su vez depende de la permeabilidad al vapor de agua de la película (Wills *et al.*, 1998; Kader, 2002; Martín-Belloso *et al.*, 2005).

## **4.2 Color**

Al inicio del experimento la flor de calabaza registró una luminosidad de 67.47%, en todas las condiciones de almacenamiento. Se observa en el cuadro 5 el efecto de la temperatura sobre el atributo de luminosidad ya que durante los dos primeros días de almacenamiento se presentaron diferencias significativas en flores de calabaza almacenadas a 22° C comparadas con

flores a temperaturas de 8 y 4° C, sin que se presentaran diferencias significativas durante el mismo periodo de almacenamiento entre éstas últimas, sin embargo a partir del cuarto día de almacenamiento ya presentaron diferencias significativas, por lo que a mayor temperatura mayor pérdida de este atributo de color, además se registro pérdida de luminosidad a través del periodo de almacenamiento en todas las temperaturas de almacenamiento por lo se puede mencionar que, la flor de calabaza presentó una reducción en la emisión de luz a mayores temperaturas de almacenamiento y a mayor tiempo de almacenamiento.

**Cuadro 5. Efecto de diferentes temperaturas de conservación y diferentes empaques sobre la luminosidad (%) en flor de calabaza durante el periodo de almacenamiento.**

Factor	Nivel	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
T (°C)	4	68.86 a	67.76 a	68.10 a	66.14 a	66.57 a	67.51	54.10
	8	69.04 a	68.93 a	58.63 b	54.30 b	52.52 b		
	22	56.08 b	50.45 b					
Empaque	CP9250	66.54 a	61.56 a	70.94 a	66.17 a	63.63 a	67.54 a	67.26 a
	PC7225	61.30 a	59.24 a	56.06 b	54.27 b	55.47 a	67.48 a	40.94 b
	Testigo	66.15 a	66.33 a	63.08 ba				
DMS <sup>y</sup>		6.05	7.98	12.59	11.31	9.42	3.04	4.95

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

El efecto del empaque sobre la luminosidad de la flor de calabaza se muestra en el cuadro 5, en el cual se observa que al final del periodo de almacenamiento la película plástica PC7225 tuvo un efecto significativamente

diferente a la película CP9250, pues la luminosidad del producto fue menor, en la primera película.

**Cuadro 6. Efecto de la interacción empaque\*temperatura sobre la luminosidad (%) en flor de calabaza a diferentes días de almacenamiento.**

Empaque	Temperatura (° C)	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
Testigo	4	68.85ba <sup>z</sup>	66.11a	62.42b				
	8	66.74bac	67.03a	63.75b				
	22	62.85bc	65.84a					
CP9250	4	69.07ba	69.48a	71.05a	64.98a	64.66ba	67.54a	67.26a
	8	69.76a	71.92a	70.84a	67.36a	62.60b		
	22	60.79c	43.29b					
PC7225	4	68.67ba	67.69a	70.84a	67.30a	68.48a	67.48a	40.94b
	8	70.64a	67.82a	41.29c	41.24b	42.45c		
	22	44.60d	42.22b					
DMS <sup>y</sup>		6.79	7.01	6.31	7.62	5.61	3.04	4.95

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

En el cuadro 6 se muestran las interacciones entre el empaque y las temperaturas sobre la luminosidad en la flor de calabaza se observa que la película PC7225 en las diferentes temperaturas de almacenamiento registra un menor porcentaje en la luminosidad del producto, mientras que la película CP9250 a las diferentes temperaturas registro menos pérdida en este atributo de color, ésta última película en combinación a 4° C de almacenamiento fue el tratamiento que menor pérdida de luminosidad registro al día 12 del

almacenamiento, mientras que los tratamientos más desfavorables para el producto fue a 22 y 8° C con la película PC7225 al segundo y octavo día de almacenamiento respectivamente.

En el caso del atributo ángulo de tono (°Hue) ocurrió una situación similar al efecto de la temperatura y empaque sobre la luminosidad en flor de calabaza como se muestra en el cuadro 7, ya el ángulo de tono se ve disminuido a mayor temperatura de almacenamiento y al aumentar el periodo de almacenamiento.

**Cuadro 7. Efecto de diferentes temperaturas de conservación y diferentes empaques sobre el ángulo de tono (°Hue) en flor de calabaza durante el periodo de almacenamiento.**

Factor	Nivel	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
T (°C)	4	70.14 a	69.35 a	70.04 a	72.00 a	71.58 a	68.81	65.47
	8	69.83 a	69.35 a	68.65 a	67.29 b	66.76 b		
	22	67.49 a	65.09 b					
Empaque	CP9250	69.69 a	67.09 b	70.33 a	70.51 a	68.26 a	69.48 a	69.28 a
	PC7225	67.75 a	66.69 b	67.72 a	68.79 a	70.07 a	68.15 a	61.71 b
	Testigo	70.02 a	70.56 a	69.98 a				
DMS <sup>y</sup>		3.33	2.34	4.23	2.94	2.02	1.60	7.06

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

Así mismo el ángulo de tono registra valores más bajos en el efecto del empaque PC7225 aunque estadísticamente la diferencia significativa se registra hasta el día 12 entre esta película y la película CP9250

En el efecto combinado del empaque y la temperatura, los tratamientos sin película a las diferentes temperaturas de almacenamiento la disminución de su ángulo de tono fue menor que en los demás tratamientos durante los primeros cuatro días, aunque estadísticamente los tratamientos que fueron diferentes por día de muestreo fueron aquellos empacados en películas plásticas a 22° C, se puede mencionar que el efecto combinado que más favoreció la poca disminución del ángulo de tono fue a el tratamiento a 4° C con la película CP9250 ya que en este caso a mayor ángulo de tono el color es más amarillo.

**Cuadro 8. Efecto de la interacción empaque\*temperatura sobre el ángulo de tono (°Hue) en flor de calabaza a diferentes días de almacenamiento.**

Empaque	Temperatura (° C)	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
Testigo	4	70.45ba <sup>z</sup>	71.09a	68.07ba				
	8	68.74ba	70.58a	71.89a				
	22	70.87ba	70.01a					
CP9250	4	71.79a	69.59a	70.98a	72.90a	70.38ba	69.48a	69.23a
	8	70.13ba	69.01a	69.68a	68.11ba	66.14c		
	22	67.14ba	62.68b					
PC7225	4	68.18ba	69.02a	71.07a	71.12ba	72.78a	68.15a	61.71b
	8	70.62ba	68.47a	64.37b	66.46b	67.38bc		
	22	64.45b	62.59b					
DMS <sup>y</sup>		7.15	4.49	4.09	6.23	4.19	1.60	7.06

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

El atributo pureza de color o índice de saturación presentó una pérdida de esta característica, teniendo un amarillo menos vívido, por el efecto de la temperatura y empaque tal como se muestra en el cuadro 9. A través del tiempo se observa que este atributo de color va disminuyendo sin embargo se observa más acentuada esta pérdida a 22° C siendo significativamente diferente a 4 y 8° C durante los dos primeros días de almacenamiento sin que se presentaran diferencias significativas entre estos últimos. Sin embargo el efecto de la temperatura de 4° C fue mejor al octavo día de almacenamiento comparado con la temperatura de 8° C

**Cuadro 9. Efecto de diferentes temperaturas de conservación y diferentes empaques sobre el índice de saturación (croma) en flor de calabaza durante el periodo de almacenamiento.**

Factor	Nivel	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
T (°C)	4	69.15 a	70.30 a	70.15 a	64.09 a	60.05 a	60.82	53.16
	8	69.18 a	69.13 a	59.22 b	52.45 a	47.74 b		
	22	54.39 b	48.30 b					
Empaque	CP9250	63.54 ba	59.55 a	68.68 a	61.20 a	61.48 a	70.50 a	64.79 a
	PC7225	59.23 b	63.92 a	57.66 a	55.34 a	46.31 b	51.13 b	41.52 b
	Testigo	69.95 a	64.26 a	67.72 a				
DMS <sup>y</sup>		7.04	5.45	13.55	16.11	6.49	6.99	16.56

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

El tipo de empaque que generó el efecto más desfavorable para el índice de saturación fue la película PC7225 como se muestra en el cuadro 9 ya que a

partir del octavo día de almacenamiento se muestra diferencia significativa en comparación con la película CP9250.

En el cuadro 10 se observa que en los tratamientos a temperaturas bajas y con el uso de películas plásticas es menor la disminución del índice de saturación. Flores de calabaza almacenadas a 8° C con empaque PC7225 son significativamente diferentes al resto de los tratamientos a partir del cuarto día de almacenamiento registrando los valores más bajos de este atributo de color. Por otra parte la combinación del empaque CP9250 a 4° C fue la que conservó mejor el índice de saturación

**Cuadro 10. Efecto de la interacción empaque\*temperatura sobre el índice de saturación (croma) en flor de calabaza a diferentes días de almacenamiento.**

Empaque	Temperatura (° C)	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
Testigo	4	71.39a <sup>z</sup>	68.75a	72.10a				
	8	74.40a	68.36a	63.34a				
	22	64.06ba	55.66bc					
CP9250	4	66.60ba	70.14a	66.20a	57.85a	65.49a	70.50b	64.79a
	8	66.00ba	65.36ba	71.17a	64.56a	57.47a		
	22	58.04b	43.15d					
PC7225	4	69.47ba	72.00a	72.16a	70.34a	54.61a	51.13a	41.52b
	8	67.14ba	73.67a	43.16b	40.34b	38.01b		
	22	41.07c	46.09dc					
DMS <sup>y</sup>		11.45	9.80	12.48	17.50	11.49	6.99	16.56

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

El tratamiento a 4° C junto con el uso de la película CP9250, fue el que mejor efecto tuvo sobre los tres atributos básicos del color, ya que al día 12 de almacenamiento la luminosidad sólo se redujo 0.21%, mientras que el ángulo de tono registro una reducción de 1.4 unidades Hue, respecto al valor de referencia (70.67° Hue) reflejando que las flores conservaron más su color amarillo inicial. La cromaticidad fue el atributo que mayor pérdida registro de 67.19 a 64.79, por lo que el color amarillo a este periodo de almacenamiento era menos vívido tendiendo hacia colores grises. En su contraparte el tratamiento a 8° C con el uso de película PC7225 fue la estadísticamente presentó más efectos desfavorables sobre el cambio general del color registrando un comportamiento negativo, por lo que las flores perdieron atractivo visual, aunque hay que considerar que los tratamientos a 8° C alcanzaron ocho días de almacenamiento comparado con los de 22° C que sólo se conservaron durante dos días, sin embargo el mismo comportamiento negativo en el cambio general de color se presentó junto con el uso de las películas. Torres (2000), menciona que a mayor condensación de agua en las paredes internas de las películas, que al escurrir y depositarse sobre los frutos causa pérdidas de color. El parámetro de la luminosidad fue el que mejor explicó el color en la flor de calabaza, de acuerdo con Quevedo *et al.*, (2005), valores decrecientes durante el almacenamiento, son indicadores de oscurecimiento. Rodríguez-Félix *et al.*, (2005), mencionan que cambios en el color de frutas y hortalizas principalmente las cortadas son resultado del oscurecimiento enzimático. Este oscurecimiento enzimático que está asociado con frecuencia con el daño en la membrana celular Tano *et al.*, (2007)

mencionan que algunas veces la integridad de la membrana es pérdida y los componentes fenólicos normalmente presentes en compartimentos celulares son expuestos a O<sub>2</sub> y oxidados por la actividad catalizadora de la polifenol oxidasa liberada por la degradación de la membrana

### 4.3 Carotenoides totales

El efecto de la temperatura se observa en el cuadro 11, en las diferentes temperaturas de almacenamiento las unidades experimentales presentaron un aumento en el contenido de carotenoides totales en los primeros días después de instalado el experimento, para el caso de las temperaturas de 4 y 8° C conforme pasa el tiempo éstos no sufrieron mucha variación, sin embargo fueron disminuyendo poco a poco en los días posteriores.

**Cuadro 11. Efecto de diferentes temperaturas de conservación y diferentes empaques en el contenido de carotenoides ( $\mu\text{g g}^{-1}$  de peso fresco) en flor de calabaza durante el periodo de almacenamiento.**

Factor	Nivel	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
T (°C)	4	1.35 b	1.94 ba	2.16 a	1.32 a	1.43 a	1.14	0.59
	8	1.34 b	1.61 b	1.77 b	1.18 a	1.03 b		
	22	1.78 a	2.55 a					
Empaque	CP9250	1.70 a	2.20 a	1.63 b	0.96 b	0.94 b	0.61 b	0.65 a
	PC7225	1.28 b	1.66 a	1.71 b	1.55 a	1.52 a	1.68 a	0.54 a
	Testigo	1.50 ba	2.24 a	2.55 a				
DMS <sup>y</sup>		0.29	0.71	0.53	0.22	0.24	0.24	0.23

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

En los dos primeros días de almacenamiento se observa una diferencia significativa entre los tratamientos a 22° C ya que a esta condición de almacenamiento aumentó considerablemente el contenido de carotenoides en la flor de calabaza, comparado con las temperaturas más bajas, situación similar reporta Aina (1990), quien encontró que mangos africanos verdes almacenados al ambiente registraron un aumento en el contenido total de carotenoides, mientras que los mangos almacenados a bajas temperaturas causaron una reducción en el contenido total de carotenoides.

**Cuadro 12. Efecto de la interacción empaque\*temperatura en el contenido de carotenoides ( $\mu\text{g g}^{-1}$  de peso fresco) en flor de calabaza a diferentes días de almacenamiento.**

Empaque	Temperatura (° C)	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
Testigo	4	1.40dc <sup>z</sup>	1.99dc	2.34b				
	8	1.54bdc	1.99dc	2.76a				
	22	1.55bdc	2.74b					
CP9250	4	1.79ba	1.69bce	2.12b	0.88c	1.01ba	0.61b	0.65a
	8	1.26d	1.31e	1.15c	1.01c	0.86c		
	22	2.05a	3.61a					
PC7225	4	0.86e	2.13c	2.01b	1.75a	1.85a	1.68a	0.54a
	8	1.22d	1.53de	1.42c	1.35b	1.19b		
	22	1.75bac	1.31e					
DMS <sup>y</sup>		0.35	0.53	0.36	0.17	0.30	0.24	0.23

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

Para el cuarto día de almacenamiento se observa diferencia significativa en el efecto de los empaques, aquellas flores de calabaza sin cubierta plástica registraron mayor contenido de carotenoides que aquellas con película. A partir del día 6 las películas presentaron un efecto significativamente diferente, la película PC7225 registra valores más altos que la película CP9250, sin embargo al día 12 del almacenamiento fue mejor la película CP9250

Con relación a la interacción empaque-temperatura se observa (Cuadro 12), que flores de calabaza sin empaque a las diferentes temperaturas de almacenamiento registraron valores más altos, mientras el tratamiento en película CP9250 a 8° C presentó un contenido de carotenoides más bajo que el resto de los tratamientos. Aun cuando las flores de calabaza almacenadas a bajas temperaturas registraron menor contenido de carotenoides totales, las muestras a 4° C, con película PC7225 al octavo día de almacenamiento fue en la que mejor se conservaron los carotenoides.

Como se mencionó anteriormente se observa un aumento en el contenido de carotenoides en los primeros días de almacenamiento en flores almacenadas a 4 y 8° C en dos de los tratamientos (Cuadro 12), probablemente debido a que la carotenogénesis puede continuar incluso después de la cosecha, es decir, a medida que la clorofila se degrada y los cloroplastos se convierten en cromoplastos, el patrón de carotenoides de los cloroplastos se transforma en una composición compleja y los carotenoides aumentan en forma significativa, tanto en número como en cantidad, especialmente los pigmentos principales, siempre que los productos permanezcan intactos (Rodríguez-Amaya 1999). Por

su parte Lee (1986), encontró en zanahoria Nantes, almacenada a 2°C y 90% de humedad relativa, que los niveles de  $\alpha$ -caroteno y  $\beta$ -caroteno aumentaron levemente hasta los 100 y 125 días y luego también disminuyeron. La leve disminución en el contenido de carotenoides, después de su aumento también se pudo deber al efecto protector de los empaques como menciona Zagory (1995), en algunos casos las atmosferas modificadas y controladas retrasan la pérdida de pigmentos como los carotenoides presentes en diferentes frutas y hortalizas.

Por otro lado Rodríguez-Amaya (1999), menciona que en algunos países donde se consumen flores y hojas de calabazas y zapallos los contenidos de  $\alpha$ -caroteno (varían desde no detectado o no determinado a  $12 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) y de  $\beta$ -caroteno ( $0.5$  a  $15 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) en calabazas y zapallos son de muy bajo a bajo, por lo que los datos obtenidos en este experimento se encuentran dentro de estos intervalos. Además menciona que existen marcadas variaciones en el contenido de carotenos incluso entre muestras de la misma variedad de cucurbitácea, que se pueden atribuir al tiempo prolongado durante el cual estos vegetales se pueden cosechar y a su prolongada vida útil; ejemplo de esto lo reportan Arima y Rodríguez-Amaya (1990) quienes encontraron que la variedad indígena del Noreste de Brasil, Baianinha, *C. moschata*, presentó valores promedio mucho más altos:  $47 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de  $\alpha$ -caroteno y  $235 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de  $\beta$ -caroteno. Por su parte Lee *et al.*, (1984) analizaron seis cultivares de calabaza de invierno y encontraron que el  $\beta$ -caroteno variaba de  $7.0$  a  $17 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  mientras el  $\alpha$ -caroteno fluctuaba desde trazas a  $2.1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

#### 4.4 Intensidad Respiratoria

En el cuadro 13 se muestra el efecto de la temperatura y empaque sobre la intensidad respiratoria de la flor de calabaza, se observa que flores almacenadas a 4° C registraron valores más altos que a temperatura de 8 y 22° C aunque en el primer día no presentan diferencias significativas, para el segundo día de almacenamiento los tratamientos a 22° C fueron significativamente menores que el resto de los tratamientos a temperaturas más bajas sin embargo a esta temperatura tuvo una vida útil de dos días. Por otra parte los tratamientos a 8 y 4° C presentaron diferencias significativas a partir del cuarto día de almacenamiento, pero a 8° C se registro una vida útil de 8 días mientras que a 4° C la vida útil se prolongo hasta 12 días.

**Cuadro 13. Efecto de diferentes temperaturas de conservación y diferentes empaques en la intensidad respiratoria (mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) en flor de calabaza durante el periodo de almacenamiento.**

Factor	Nivel	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
T (°C)	4	238.49 a	209.95 a	228.11 a	182.75 a	176.57 a	178.40	168.11
	8	228.04 a	201.43 a	187.08 b	140.42 b	136.48 b		
	22	214.46 a	158.84 b					
Empaque	CP9250	221.74 a	163.16 b	217.96 a	177.89 a	167.74 a	171.87 a	159.71 a
	PC7225	233.98 a	157.24 b	144.61 b	145.28 b	145.30 b	184.94 a	176.53 a
	Testigo	225.26 a	249.82 a	260.21 a				
DMS <sup>y</sup>		30.37	34.05	43.86	25.67	16.84	33.00	32.11

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

Por otro lado flores de calabaza sin empaque registraron intensidades respiratorias altas, aunque al cuarto día sólo fue diferente significativamente con flores empacadas en película PC7225, Kader (1986), menciona que la disminución de los niveles de O<sub>2</sub> y/o incremento en la concentración de CO<sub>2</sub> en atmósfera modificada, disminuye la tasa de respiración. Los tratamientos con las películas plásticas no fueron significativamente diferentes en los últimos días de almacenamiento.

Se puede mencionar que la flor de calabaza es un producto de alta intensidad respiratoria, según Kader (2002) productos con tasas de respiración mayores a 60 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a 5° C son clasificados como productos con tasas de respiración extremadamente altas y altas tasas indican actividad metabólica elevada y por consiguiente una corta vida de almacenamiento (Rocculi *et al.*, 2006)

Villalta *et al.*, (2004), encontraron que después de 24 horas de almacenamiento de flor de calabaza “Dixie” en contenedores de poliestireno a 10° C, produjo 194 mg kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, sin embargo después de cuatro días de almacenamiento se redujo a 130 mg kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> dos días después estas flores ya no eran comercializables, pero a 5° C encontraron una producción de 76 mg kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> durante ocho días de almacenamiento.

En cuanto al efecto combinado empaque-temperatura se observa (Cuadro 14), que en el primer día de almacenamiento a 4° C con películas plásticas se obtuvieron altas tasas de respiración tal vez debido a la baja temperatura de almacenamiento, Wang (1982), menciona que la aceleración de la respiración

después del enfriamiento se ha considerado como un índice de sensibilidad al frío. Aunque en general la combinación de 4° C con las películas plásticas presentaron mayores valores de respiración que a temperaturas más elevadas con películas.

Aunque a 4° C con películas plásticas se registraron altas tasas de respiración, a 8 y 22° C se redujo considerablemente la vida útil del producto. La baja intensidad respiratoria de los tratamientos a altas temperaturas con las películas es debido al agotamiento del O<sub>2</sub> y el incremento en los niveles de CO<sub>2</sub> dentro del empaque, incrementando más allá de la permeabilidad del empaque creando condiciones fermentativas y por lo tanto acelerando la senescencia del producto (Brecht *et al.*, 2003), por su parte Burzo (1980) menciona que a altas temperaturas puede ocurrir una desnaturalización enzimática trayendo como consecuencia una disminución en la tasa de respiración. Por lo tanto se puede mencionar que en los tratamientos con películas plásticas a altas temperaturas y aunado a la alta tasa de respiración de la flor de calabaza provocó rápidamente la disminución del O<sub>2</sub> y con la elevada concentración de CO<sub>2</sub>, generaron condiciones fermentativas llevando a una corta vida de anaquel a flor de calabaza.

Entonces la combinación temperatura y empaque que mejor efecto tuvo sobre la respiración de la flor de calabaza fue a 4° C con empaque CP9250 ya que a pesar que presentó una alta intensidad respiratoria prolongó la vida útil del producto hasta doce días de almacenamiento por lo que se observa el beneficio de la baja temperatura, aún más si se comparara con las temperaturas de 8 y

22° C sin empaque en sus últimos días de almacenamiento respectivamente (Cuadro 14), los cuales presentaron alta intensidad respiratoria y por lo tanto aumento en el uso de sustratos tales como carbohidratos, ácidos orgánicos y de otras reservas (Saltveit, 2004), acortando la vida útil de la flor de calabaza, pues las reacciones biológicas incrementan o disminuyen por un factor de 2 ó 3 por cada incremento o reducción de 10° C en la temperatura (Beaudry *et al.*, 1992), y en conjunto con el uso de atmósferas modificadas optimas se reduce la intensidad respiratoria (Kader, 2002).

**Cuadro 14. Efecto de la interacción empaque\*temperatura en la intensidad respiratoria (mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) en flor de calabaza a diferentes días de almacenamiento.**

Empaque	T (° C)	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
Testigo	4	210.79ed <sup>z</sup>	257.13ba	256.70a				
	8	225.06bdc	227.64bc	263.72a				
	22	239.94bac	264.69a					
CP9250	4	245.90ba	198.47dc	270.69a	209.45a	197.53a	171.87a	159.71a
	8	200.25ed	187.25d	165.23b	146.33b	137.94c		
	22	219.06dc	103.75e					
PC7225	4	258.77a	174.24d	156.94cb	156.04b	155.60b	184.94a	176.53a
	8	258.80a	189.40d	132.29c	134.51b	135.01c		
	22	184.37e	108.09e					
DMS <sup>y</sup>		26.80	30.84	32.68	43.16	17.44	33.00	32.11

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

#### 4.5 Acetaldehído y etanol

La temperatura influyó de manera directa en la producción de metabolitos anaerobios como se muestra en los cuadros 15 y 16. La producción de acetaldehído es mayor a 4° C presentándose diferencias significativas con los tratamientos a 22° C en el segundo día de almacenamiento y a partir del cuarto día con los tratamientos a 8° C, además a 4° C se muestra un aumento y un posterior descenso en la producción de este metabolito a través del tiempo. El acetaldehído es un componente natural del aroma de muchos productos el cual se acumula durante la maduración incluso en presencia de oxígeno (Pesis, 2005).

**Cuadro 15. Efecto de diferentes temperaturas de conservación y diferentes empaques en la producción de acetaldehído ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de peso fresco) en flor de calabaza durante el periodo de almacenamiento.**

Factor	Nivel	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
T (°C)	4	19.31 a	54.63 a	69.35 a	23.18 a	18.59 b	9.87	6.37
	8	20.41 a	39.01 a	33.04 b	11.21 b	32.62 a		
	22	12.27 a	8.31 b					
Empaque	CP9250	17.90 a	28.92 b	49.57 ba	24.43 a	37.13 a	6.77 a	5.02 a
	PC7225	17.15 a	20.91 b	31.32 b	9.96 b	14.07 b	12.97 a	7.72 a
	Testigo	16.94 a	52.13 a	72.69 a				
DMS <sup>y</sup>		9.44	22.82	26.36	7.11	9.29	8.93	5.54

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

Sin embargo aunque se registró una mayor producción de acetaldehído a 4° C fue a la temperatura que menor conversión a etanol se presentó comparada a 22 y 8° C (Cuadro 16), por lo que el efecto de las altas temperaturas conlleva una mayor formación de etanol, por otra parte Tano *et al.*, (2007) mencionan que la fermentación puede ser mínima por un corto tiempo cuando es insuficiente el NADH<sub>2</sub> para reducir todo el acetaldehído a etanol, además de que, a medida que desciende la temperatura desciende la velocidad de las reacciones metabólicas (Kader, 2002).

En cuanto al efecto de los empaques el cuadro 15 muestra mayor producción de acetaldehído en flores sin empaques que aquellas almacenadas en películas plásticas, esto se puede deber que todo el acetaldehído generado en las películas rápidamente fue convertido a etanol (Cuadro 16), pues los tratamientos en las películas registraron una mayor producción de etanol.

Dentro de los empaques a partir del octavo día de almacenamiento en película PC7225 se encontró significativamente mayor producción de etanol en flores de calabaza que en la película CP9250, en general en todos los casos se presentó mayor producción de metabolitos anaerobios en los tratamientos con películas plásticas que en los tratamientos sin empaque esto pudo deberse a la disminución en la concentración del O<sub>2</sub> con el tiempo de almacenamiento que dio lugar al cambio de metabolismo aeróbico a anaeróbico dentro de las películas plásticas, Taiz y Zeiger (1998), mencionan que la baja o cero concentración de O<sub>2</sub> no favorece el metabolismo respiratorio ya que se alcanza

el punto de extinción, donde se acumulara suficiente NADH<sub>2</sub> para reducir de acetaldehído a etanol.

**Cuadro 16. Efecto de diferentes temperaturas de conservación y diferentes empaques en la producción de etanol ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de peso fresco) en flor de calabaza durante el periodo de almacenamiento.**

Factor	Nivel	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
T (°C)	4	17.49 b	50.19 b	32.07 b	30.11 b	94.34 b	246.07	373.02
	8	15.51 b	85.80 b	144.42 a	270.64 a	484.38 a		
	22	212.91 a	354.30 a					
Empaque	CP9250	131.73 a	266.55 a	131.50 a	181.89 a	347.00 a	403.68 a	408.68 a
	PC7225	97.82 ba	207.23 a	110.52 ba	118.85 a	231.72 b	88.46 b	337.35 b
	Testigo	16.36 b	16.50 b	22.72 b				
DMS <sup>y</sup>		100.08	157.35	98.06	82.72	56.45	93.63	43.79

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

En el cuadro 17 se muestran las interacciones entre el empaque y las temperaturas en la producción de acetaldehído, se observó que a 4° C sin empaque se produjo una mayor cantidad de este metabolito, al igual que en la producción de etanol (Cuadro 18), comparado con las demás temperaturas sin empaque probablemente porque el producto es sensible a bajas temperaturas tal y como ocurre en cítricos como la naranja (Pesis, 2005).

En los tratamientos a 4° C con las películas CP9250 y PC7225 se fué incrementando la producción de acetaldehído hasta el cuarto día para su

posterior disminución, mientras que la producción de etanol se incrementó considerablemente a partir del décimo día de almacenamiento con diferencias significativas entre empaques desde éste día de almacenamiento, sin embargo los valores registrados hasta el octavo día de almacenamiento fueron significativamente menores que el resto de los tratamientos sin que el grado de metabolitos anaerobios causara efectos adversos sobre la flor de calabaza.

**Cuadro 17. Efecto de la interacción empaque\*temperatura en la producción de acetaldehído ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de peso fresco) en flor de calabaza a diferentes días de almacenamiento.**

Empaque	T (° C)	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
Testigo	4	32.36a <sup>z</sup>	105.31a	110.17a				
	8	15.54cd	46.51b	35.22cb				
	22	2.91e	4.57e					
CP9250	4	12.41d	37.43b	53.12b	33.83a	24.42b	6.77a	5.02a
	8	22.25cb	39.13b	46.03b	15.03b	49.84a		
	22	19.03cbd	10.19ed					
PC7225	4	13.15d	21.15cd	44.75b	12.54b	12.75c	12.97a	7.72a
	8	23.44b	31.40cb	17.88c	7.38b	15.39c		
	22	14.87d	10.18ed					
DMS <sup>y</sup>		6.93	15.71	19.46	10.43	7.54	8.93	5.54

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

Petracek *et al.*, 2002 encontraron que a mayores temperaturas de almacenamiento (rango entre 0 y 25° C) las cerezas dulces en empaques de

polietileno producían más etanol y acetaldehído iniciado por una elevada tasa de respiración y por lo tanto limitada vida útil.

**Cuadro 18. Efecto de la interacción empaque\*temperatura en la producción de etanol ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de peso fresco) en flor de calabaza a diferentes días de almacenamiento.**

Empaque	T (° C)	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
Testigo	4	43.88c <sup>z</sup>	21.55d	36.23c				
	8	3.65d	14.66d	9.21c				
	22	1.53c	13.30d					
CP9250	4	2.80c	42.6dc	10.61c	9.02c	118.85c	403.68a	408.68a
	8	38.15c	95.6dc	252.39a	354.76a	575.15a		
	22	354.25a	661.38a					
PC7225	4	5.78c	86.40dc	49.38c	51.19c	69.83c	88.46b	337.35b
	8	4.72c	147.09c	171.65b	186.51b	393.60b		
	22	282.94b	388.21b					
DMS <sup>y</sup>		53.39	111.16	53.40	49.80	55.75	93.63	43.79

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

#### 4.6 Fenoles totales

Se presentaron diferencias significativas en el efecto de la temperatura sobre la producción de fenoles totales hasta el cuarto día de almacenamiento (Cuadro 19). Para las condiciones de almacenamiento de 4 y 8° C se observa un aumento en la cantidad de fenoles totales hasta el cuarto día de almacenamiento para su posterior disminución. El efecto de la baja temperatura

de 4° C registró la menor producción de éste compuesto, mientras que a 22° C al segundo día de almacenamiento se registro la mayor cantidad de fenoles totales.

El tipo de empaque también influyó significativamente en producción de fenoles totales ya que aquellas flores de calabaza sin empaque plástico registraron valores más altos que aquellas flores con películas, al igual que el efecto de la temperatura, se presentó un aumento de este compuesto hasta el cuarto día de almacenamiento, para el caso de las películas plásticas a partir de este día se registro un progresivo descenso en la producción de fenoles siendo significativamente diferentes a partir del décimo día de almacenamiento, se observa que con la película PC7225 hubo mayor producción de fenoles.

**Cuadro 19. Efecto de diferentes temperaturas de conservación y diferentes empaques en la producción de fenoles totales (mg.g<sup>-1</sup> de peso fresco) en flor de calabaza durante el periodo de almacenamiento.**

Factor	Nivel	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
T (°C)	4	2.16 b	2.32 c	2.30 b	2.00 a	2.02 a	2.08	2.63
	8	2.37 a	3.01 b	3.22 a	2.23 a	1.92 a		
	22	2.31 ba	4.04 a					
Empaque	CP9250	1.98 b	2.59 b	2.21 b	1.80 b	1.86 a	2.20 a	1.86 b
	PC7225	2.43 a	2.93 b	2.46 b	2.43 a	2.08 a	1.95 b	3.40 a
	Testigo	2.43 a	3.87 a	3.63 a				
DMS <sup>y</sup>		0.16	0.59	0.70	0.41	0.24	0.21	0.23

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

En la interacción empaque temperatura se observa un aumento en la producción de fenoles totales en los diferentes tratamientos a los primeros días de almacenamiento, mientras que las interacciones sin empaque a las diferentes temperaturas presentaron los valores más altos que aquellos con películas plásticas probablemente este aumento se deba a que la flor sintetice fenoles para la protección contra algunas enfermedades, tal y como lo mencionan Saxena *et al.*, (2009), que al reducir el tamaño en mínimos procesados de frutas y hortalizas, las células rápidamente sintetizan largas cadenas de ácidos fenólicos como defensa para una rápida cicatrización, para proveer resistencia a las enfermedades, por su parte Ke y Saltveit (1988), encontraron marcadas elevaciones en el contenido total de fenoles solubles en lechugas iceberg expuestas a varios tipos de estrés comparado con las muestras testigo.

Por otra parte en los tratamientos con películas a 4 y 8° C después que presentaron un aumento en el contenido de ácidos fenólicos a partir del sexto día de almacenamiento disminuyeron tal y como se muestra en el cuadro 20. La reducción en el contenido de fenoles totales al final del almacenamiento probablemente se deba a sus oxidación por efecto de la polifenoloxidasas (Altunkaya y Goükmen, 2008).

La combinación de 4° C con películas generaron valores significativamente menores que en los demás tratamientos, Altunkaya y Goükmen (2008) mencionan que el contenido de los fenoles decrece mucho más lento a 4° C que a 25° C porque a bajas temperaturas disminuyen los procesos metabólicos

de las plantas, tales como respiración, producción de etileno y actividad enzimática, aunque la temperatura óptima de almacenamiento puede variar de especie a especie y de cultivar a cultivar.

**Cuadro 20. Efecto de la interacción empaque\*temperatura en la producción de fenoles totales (mg.g<sup>-1</sup> de peso fresco en flor de calabaza a diferentes días de almacenamiento.**

Empaque	Temperatura (° C)	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
Testigo	4	2.42bc	2.33d	2.64cb				
	8	2.31c	3.84b	4.61a				
	22	2.55ba	5.45a					
CP9250	4	1.79f	2.27d	2.16d	1.95cb	2.05a	2.20a	1.86b
	8	2.12de	2.48dc	2.26cd	1.66c	1.67b		
	22	2.04e	3.02c					
PC7225	4	2.26dc	2.37d	2.10d	2.05b	2.00a	1.95b	3.40a
	8	2.70a	2.72dc	2.82b	2.80a	2.16a		
	22	2.34c	3.69b					
DMS <sup>y</sup>		0.18	0.64	0.42	0.30	0.27	0.21	0.23

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

La temperatura y empaque que generaron un mejor efecto fue la combinación del el empaque CP9250 a 4°C, por lo que también se nota claramente que el almacenamiento en atmósfera modificada no afecta drásticamente el contenido de fenoles, Gunes *et al.*, (2002), encontraron que en dos variedades de frutos de arandano almacenadas en atmósferas controladas a 3° C, el contenido de

fenoles totales no se veía afectado por las condiciones de almacenamiento bajo la atmósfera controlada, por ejemplo en la variedad Pilgrim obtuvieron 3.45 y 3.27 mg g<sup>-1</sup> al inicio y al final del almacenamiento respectivamente.

#### **4.7 Actividad de la enzima Polifenoloxidasas (EC 1.10.3.1)**

Se observaron diferencias significativas en el efecto de la temperatura a 22° C sobre la actividad de polifenoloxidasas (PPO), comparado con las temperaturas de 4 y 8° C de almacenamiento sin que se presentaran diferencias significativas entre estas últimas al segundo día de almacenamiento, registrándose mayor actividad de la enzima polifenoloxidasas (Cuadro 21), esto puede ser debido a que a 22° C de almacenamiento se registró mayor cantidad de fenoles totales, sustrato para la enzima. Entre el efecto de las temperaturas de 4 y 8° C, se presentó diferencia significativa hasta el octavo día de almacenamiento, el tratamiento a 8° C registró una actividad más baja que a 4° C, probablemente atribuido al deterioro de la flor pues fue el último día de almacenamiento a esa temperatura, Toivonen y Brummell (2008), mencionan que el oscurecimiento es debido a la oxidación enzimática de los compuestos fenólicos en la cual la PPO cataliza dos reacciones ya conocidas a o-quinonas precursoras del oscurecimiento. Mientras que a 4° C a partir del sexto día de almacenamiento se observó un aumento en la actividad de la polifenoloxidasas, lo que puede explicar el descenso en ese mismo periodo de los fenoles totales.

En el cuadro 21 se muestra el efecto de los empaques en la actividad de la PPO ya que aquellos tratamientos con películas plásticas presentaron una

actividad de la enzima significativamente menor que aquellos tratamientos sin película, por otra parte las películas no presentaron diferencias significativas entre ellas hasta el último día de almacenamiento.

**Cuadro 21. Efecto de diferentes temperaturas de conservación y diferentes empaques en la actividad de la enzima polifenoloxidasasa (U.g<sup>-1</sup> de peso fresco) en flor de calabaza durante el periodo de almacenamiento.**

Factor	Nivel	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
T (°C)	4	56.35 a <sup>z</sup>	45.57 b	83.70 a	46.37 a	78.85 a	66.95	74.05
	8	48.83 a	64.74 ba	81.18 a	34.67 a	25.46 b		
	22	66.64 a	107.11 a					
Empaque	CP9250	42.26 b	64.18 b	69.78 b	54.20 a	53.02 a	57.33 a	58.89 b
	PC7225	37.56 b	20.50 c	36.66 b	26.85 a	51.29 a	76.57 a	89.22 a
	Testigo	92.00 a	132.74 a	140.87 a				
DMS <sup>y</sup>		33.56	43.63	34.47	28.45	16.46	20.45	25.62

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

Respecto al efecto combinado de la temperatura y película plástica sobre la actividad de la enzima polifenoloxidasasa se observó que a la condición de 22° C, se registró la mayor actividad de la PPO en todo el experimento sin empaque, a excepción de los tratamientos en película PC7225, sin embargo fueron éstos los tratamientos en los cuales las flores de calabaza presentaron el mayor oscurecimiento visualmente y desintegración de la flor, esto es debido a que la PPO y su sustrato se encuentran localizados en diferentes compartimentos de la célula (citoplasma/plástidos y vacuola respectivamente), por lo que el

oscurecimiento enzimático es una consecuencia directa de la desintegración de la membrana (Franck *et al.*, 2007).

En general se observa que los tratamientos con película plástica a bajas temperaturas de almacenamiento, muestran una menor actividad de la PPO, dado que las atmósferas modificadas inhiben el oscurecimiento al disminuir la concentración de O<sub>2</sub> de la atmósfera (Artés *et al.*, 1998).

**Cuadro 22. Efecto de la interacción empaque\*temperatura en la actividad de la enzima polifenoloxidasa (UI.g<sup>-1</sup> de peso fresco) en flor de calabaza a diferentes días de almacenamiento.**

Empaque	T (° C)	Días de almacenamiento						
		1	2	4	6	8	10	12
Testigo	4	68.87b	61.57dc	120.13b				
	8	61.57cb	108.52b	161.61a				
	22	145.57a	228.13a					
CP9250	4	39.13d	46.17de	66.78c	41.48b	70.04b	57.33a	58.89b
	8	38.74d	66.13dc	72.78c	66.91a	36.00c		
	22	48.91cbd	80.22c					
PC7225	4	61.04cb	28.96fe	64.17c	51.26b	87.65a	76.57a	89.22a
	8	46.17cd	19.57f	9.14d	2.43c	14.93d		
	22	5.45e	12.99f					
DMS <sup>y</sup>		20.79	24.48	9.24	10.75	16.21	20.45	25.62

<sup>z</sup> Letras iguales entre variables al interior de cada factor y día de muestreo no presentan diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tuckey  $\alpha \leq 0.05$ . <sup>y</sup> DMS: Diferencia Mínima Significativa relativa a la comparación de medias de niveles al interior de cada factor.

Aquino-Bolaños y Mercado-Silva (2000) encontraron que el oscurecimiento observado en cilindros de jicama durante el almacenamiento a 10° C disminuye

considerablemente a temperaturas menores a 5° C, mientras que Kim *et al.*, (2004) observaron en col de hoja (Salad Savoy) de las variedades blanca y violeta almacenadas en atmósferas modificadas, que mantienen la calidad del producto durante el almacenamiento por 25 días a 5° C con valores mínimos de oscurecimiento en la variedad blanca.

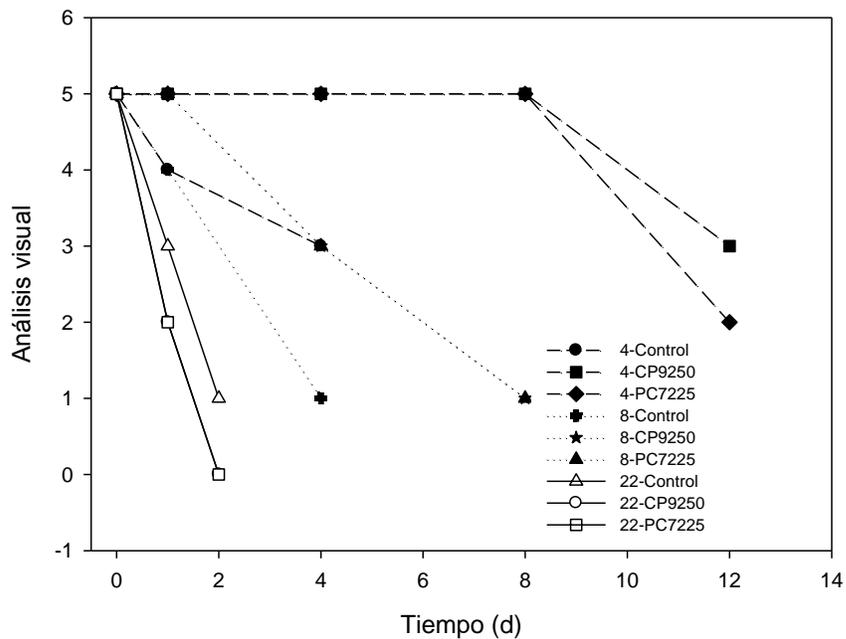
#### **4.8 Análisis Visual**

Aunque la calidad de consumo es una combinación de diversas características, de los atributos y propiedades que hacen que un alimento se disfrute, los consumidores opinan que la apariencia y la frescura son más importantes al inicio de la compra (Kader, 2002).

En la figura 1 se muestra la evaluación visual de las flores de calabaza, se observa que a 4° C de almacenamiento empacadas en películas plásticas de acuerdo a la escala hedónica, las flores de calabaza no sufrieron daño o cambio, por lo que su apariencia visual fue la mejor calificada por los paneles hasta el octavo día de su almacenamiento, para el décimo día los panelistas percibieron un ligero cambio mismo que fue aumentando para el día 12 de almacenamiento, por su parte las flores de calabaza sin empaque plástico a la misma temperatura presentaron cambios según los panelistas a partir del primer día de almacenamiento.

Las flores de calabaza almacenadas a 8° C perdieron su apariencia visual en un menor tiempo de almacenamiento comparado con las flores almacenadas a 4° C. Como se observa en la figura 1 el tratamiento sin película plástica fue

presentando cambios constantes a través del tiempo, pues al cuarto día de almacenamiento las flores de calabaza ya presentaban cambios severos, mientras que las empacadas en la película CP9250 fue la que más retrasó los cambios visuales en las flores en comparación con la película PC7225.



**Figura 1. Apariencia visual de la flor de calabaza almacenada a diferentes temperaturas y tipo de empaque. Cada valor representa la media de tres repeticiones y las barras indican el error estándar correspondiente.**

La temperatura que menos favoreció la calidad visual de las flores de calabaza fue a 22° C ya que al segundo día de almacenamiento el producto ya presentaba cambios severos y muy severos para el tratamiento en aire normal y con películas plásticas respectivamente.

Villalta *et al.*, (2004), encontraron que una buena apariencia visual de flores de calabaza para el mercado con una frescura muy cerca a la del campo se mantenía por 7 días almacenadas a temperaturas de 2.5 y 5° C, por lo que fueron resultados muy similares a las flores almacenadas a 4° C en películas plásticas.

## 5. CONCLUSIONES

El presente estudio muestra que a más bajas temperaturas de almacenamiento se mantiene por más tiempo la vida útil de la flor de calabaza, siendo la temperatura de 4° C la que mejor efecto tuvo.

La baja temperatura en combinación con la generación de la atmósfera modificada con la película plástica CP9250, generó una menor pérdida de peso en las flores de calabaza.

De igual manera se redujo la pérdida de color, la pérdida de los pigmentos carotenoides fue significativamente menor que en los demás tratamientos son películas, además la intensidad respiratoria al final del almacenamiento conservó en buenas condiciones la flor de calabaza.

Los niveles de etanol se mantuvieron bajos a esta temperatura de almacenamiento y empaque plástico hasta el octavo día de instalado el experimento, al mismo periodo de almacenamiento se determinó comercializable la flor de calabaza con la prueba de apariencia visual.

El uso de las atmósferas modificadas en combinación con las bajas temperaturas mostró efectos benéficos al reducir la actividad de la enzima polifenoloxidasa sobre los compuestos fenólicos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Aina, J. O. 1990. Physico-chemical changes in African mango (*Irvingia gabonensis*) during normal storage ripening. *Food Chemistry* 36:205-212.
- Alia-Tejacal, I.; Villanueva-Arce. R.; Pelayo-Zaldívar, C; Colinas-León, M.T.; López-Martínez, V.; Bautista-Baños, S. 2007. Postharvest physiology and technology of sapote mamey fruit (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn). *Postharvest Biology and Technology* 45:285–297
- Altunkaya, A.; Goükmen, V.; 2008. Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and total phenol content of fresh lettuce (*Lactuca sativa*). *Food Chemistry* 107:1173–1179
- AOAC. 1995. Official methods of analysis of AOAC International. *Food Chemistry* 2 (34):823-826
- Aquino-Bolaños, E. N; Mercado-Silva, E. 2004. Effects of polyphenoloxidase and peroxidase activity, phenolics and lignin content on the browning of cut jicama. *Postharvest Biology and Technology* 33:275-283
- Arima, H. K.; Rodriguez-Amaya, D. B. 1988. Carotenoid composition and vitamin A value of commercial Brazilian squashes and pumpkins. *Journal Micronutrient Analysis* 4: 177-191.

- Artés, M.; Castañer, M. I.; Gil, F. 1998. Review: Enzymatic browning in minimally processed fruit and vegetables. *International Journal of Food Science and Technology* 4 (6): 377-389
- Artés, C. F. 2006. El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortícolas intactos y mínimamente procesados. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 7(2): 61-85
- Ayala, E. J. A. 2002. Cambios en los parámetros genéticos por la selección participativa en una variedad local de calabaza (*C. pepo L.*) tipo "Round Zuchinni". Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Beaudry, R. M.; Cameron, A. C.; Shirazi, A.; Lange, D. D. 1992. Modified atmosphere packing of blueberry fruit: effect of temperature on package oxygen and carbon dioxide. *Journal American Society for Horticultural* 117: 431-436
- Brecht, J. K.; Chau, K. V.; Fonseca, S. C.; Oliveira, F. A. R.; Silva, F. M.; Nunes, M. C. N.; Bender, R. J. 2003. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. *Postharvest Biology and Technology* 27: 87-101
- Burzo, I. 1980. Influence of temperature level on respiration intensity in the main vegetables varieties. *Acta Horticulturae* 116:61-64
- Buta, J. G.; Moline, H. E.; Spaulding, D. W.; Wang, C. Y. 1999. Extending storage life of fresh-cut apples using natural products and their derivatives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47:1-6.

- Colinas-León, M. T.; Garnica-Ramírez, R.; Curiel-Rodríguez, A. 2002. Películas plásticas en seis especies ornamentales en bouquet: cambios en apariencia, en peso fresco y producción de etileno. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 8(2): 211-221.
- Davis, P.; Chace, W. 1969. Determination of alcohol in citrus juice by gas chromatographic analysis of headspace. *HortScience* 4(2):117-119
- Day, B. 2001. Modified atmosphere packaging of fresh fruit and vegetables. An Overview. *Acta Horticulturae* 553:585-590
- Di Gioia, M. A. 1995. Envases y embalajes. Ed. Macchi. México D.F. Pp. 43-46
- Dilley, D. R.; Carpenter, W. J. 1975. The role of chemical adjuvants and ethylene synthesis on cut flower longevity. *Acta Horticulturae* 41: 117-124
- El universal. 2008. Flores en el plato. Disponible en: <http://www.eluniversal.com/estampas/anteriores/270806/encuentros3.shtml>. Consultado noviembre, 2008.
- El Universal. 2008. La sutileza de una flor. Septiembre 15. Disponible en: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/49191.html>, Consultado, noviembre, 2008.
- FAOSTAT. 2008. Base de Datos Estadísticos. Disponible en: [www.fao.org](http://www.fao.org). Consultado, octubre, 2008.
- Florence, C.; Carole, G.; Nathalie, G. 2007. Effect of passive and active modified atmosphere packaging on quality changes of fresh endives. *Postharvest Biology and Technology* 48: 22–29

- Franck, C.; Lammertyna, J.; Tri Ho, Q.; Verboven, P.; Verlinden, B.; Nicolai, B. M. 2007. Browning disorders in pear fruit. *Postharvest Biology and Technology* 43:1–13
- Garza, L. J. M. 1985. Las hortalizas cultivadas en México: características botánicas. Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- González, G.A.; Cruz, R.; Báez, R. 1998. Envasado de productos hortícolas en atmósferas modificadas y controladas. En: Manejo Postcosecha de Frutas y Verduras en Iberoamérica, Ed. R. Báez. Programa Iberoamericano Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED-RITEP). Hermosillo, Sonora, México. pp 47-56.
- Guenkov, G. 1974. Fundamentos de la horticultura cubana. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. pp 196-172
- Gunes, G.; Liu, R. H.; Watkins, C. B. 2002. Controlled-Atmosphere Effects on Postharvest Quality and Antioxidant Activity of Cranberry Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 5932-5938
- Hernández, J.; Selke, S. E. M., Culter J. D. 2000. Plastics packaging: properties, processing, applications and regulations. Ed. Hanser. USA. pp 4, 89-131, 328-338
- Ioannis, S. A.; Ebrahim M. K.; Evangelia C. C.; Fotios A B. 2005. Effect of grafting and modified atmosphere packaging on eggplant quality parameters during storage. *International Journal of Food Science and Technology* 40: 311–322

- Kader, A. A. 1986. Biochemical and physiology basis for effects of controller and modified atmospheres on fruit and vegetables. *Food Technology* 5: 99-104
- Kader, A.A. 2002. Modified atmospheres during transport and storage. In: Kader A.A. (ed.), *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California Agriculture and Natural Resources, Davis. pp. 134-144, 279-285, 389
- Kader, A. A. 2003. A Perspective on Postharvest Horticulture (1978-2003). *HortScience* 38(5):1004-1008.
- Ke, D.; Saltveit, M. E.; 1988. Plant hormone interaction and phenolic metabolism in the regulation of russet spotting in iceberg lettuce. *Plant Physiology* 88:1136–1140.
- Kim, J. G.; Luo, Y. G.; Gross, K. C. 2005. Effect of package film on the quality of fresh-cut salad savoy. *Postharvest Biology and Technology* 32 (1):99-107
- Lamikanra, O. 1995. Enzymatic browning of Muscadine grapes products. In: Whitaker, J. R. (ed) *Enzymatic browning and its prevention*, LEE, C.L. ASC. Washington, USA. pp 166-177
- Lange, D. 2000. New Film Technologies for Horticultural products. *HortTechnology* 10(3):487-490
- Lee, C. Y. 1986. Changes in carotenoid content of carrots during growth and post-harvest storage. *Food Chemistry* 20:285-293.
- Lee, C. Y.; Smith, N. L.; Robinson, R.W. 1984. Carotenoids and vitamin A value of fresh and canned winter squashes. *Nutrition Reports International* 29:129-133.

- Lee, D. S., Hagggar P. E., Lee J.; Yam K. L. 1991. Model for fresh produce respiration in modified atmospheres based on principles of enzyme kinetics. *Journal of Food Science* 56: 1580-1585
- Lichtenthaler, H. K. 1989. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology* 148: 350-382
- López, P. O.; Asiaín, M. A.; Aquino, B. E. N.; Hernández, F. A. D., Soto, S. S.; Norma Güemes, V. N.; Meza, R. J.; Reyes S. M. I. 2000. Comportamiento poscosecha de flor de calabaza. Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.
- Lurie, S. 2002. Temperature management. In. Chapter 5. Fruit quality and its biological basis. Knee, M. editor. Sheffield Academic Press Ltd. CRC Press. Sheffield, UK.
- Martín-Belloso, O.; Soliva-Fortuny, R. C.; Baldwin, E. A. 2005. Conservación mediante recubrimientos comestibles. En: González-Aguilar (ed), *Nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas, de productos vegetales frescos cortados*. Centro de investigación en alimentación y desarrollo, A. C. (CIAD, A. C.), Hermosillo, Sonora, México. pp 341-345
- Martín-Belloso, O.; Oms-Oliu, G. 2005. Efecto de la atmósfera modificada en las características físico-químicas y nutricionales de la fruta fresca cortada. En: *Simposium Nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas, de productos vegetales frescos cortados*. Marzo. La Habana, Cuba. pp 47-58

- Martínez J.A.; Artés, F. 2005. Nuevo protocolo de medida de la permeabilidad de gases a través de membranas poliméricas. Aplicación a la técnica de envasado de productos hortofrutícolas en atmósfera modificada. 3er Cong. Virtual Iberoamer. Gestión de Calidad en Laboratorios. <http://www.iberolab.org/GecCampus/>.
- Mendoza-Wilson A. M.; Báez-Sañudo, R.. 2000. Medición de la tasa respiratoria por sistema cerrado en melón cantaloupe. *Horticultura Mexicana* 8(2):158-163.
- Minolta. 1994. *Precise Color Communication*. Tokyo, Japan. 49 p.
- Montalvo, H. O. 2001. Evaluación de ocho variedades de calabaza (*cucurbita spp*) para producción de flor y fruto como verdura. Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.
- Nichols, R. 1975. Senescence and sugar status of the cut flower. *Acta Horticulturae* 41: 21-25
- Paulin, A.; Mulaway, K. 1979. Perspective in use of growth-regulators to increase the cut flower vase life. *Acta Horticulturae* 91: 135-141
- Pesis, E. 2005. The role of anaerobic metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening, enhancement of fruit quality and fruit deterioration. *Postharvest Biology and Technology* 37: 1-19
- Pérez, G. M.; Márquez, S. F.; Peña, L. A. 1997. Mejoramiento genético de las hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo - Mundi Prensa. México. pp 185-213
- Petracek, P. D.; Joles, D. W.; Shirazi, A.; Cameron, A. C. 2002. Modified atmosphere packaging of sweet cherry (*Prunus avium* L., cv. 'Sams') fruit:

- metabolic responses to oxygen, carbon dioxide, and temperature. *Postharvest Biology and Technology* 24: 259–270.
- Quevedo, K.; Villegas, M.; González, H.; Rodríguez, A. 2005. Calidad de nopal mínimamente procesado: efecto de temperatura e inhibidores del oscurecimiento. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28 (3):261-270
- Reid, M. S. 2004. Cut Flowers and Greens. In: *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Agriculture Handbook* 66
- Reid, M. S. 2002. Postharvest Handling System: Ornamental Crops. In: Kader A.A. (ed.), *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California Agriculture and Natural Resources, Davis. pp. 322-325
- Rocculi, P.; Del Nobile, M. A.; Romani, S.; Baiano, A.; Dalla R. M. 2006. Use of a simple mathematical model to evaluate dipping and MAP effects on aerobic respiration of minimally processed apples. *Journal of Food Engineering* 76: 334-340
- Rodríguez-Amaya, D. B. 1999. Carotenoides y Preparación de Alimentos: La retención de los carotenoides provitamina a en alimentos preparados, procesados y almacenados. *Faculdade de Engenharia de Alimentos Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP., Brasil*. pp 22, 30-33
- Rodríguez-Félix, A.; Rivera-Domínguez, M.; González-Aguilar, G. A. 2005. Uso de atmósferas modificadas y controladas En: González-Aguilar (ed), *Nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas, de productos vegetales frescos cortados*. Centro de investigación en

- alimentación y desarrollo, A. C. (CIAD, A. C.), Hermosillo, Sonora, México. 462 p
- SAGARPA. 2008. Sistema de Información y Estadística Agropecuaria y Pesquera. Disponible en: [www.siap-sagarpa.com.mx](http://www.siap-sagarpa.com.mx)
- Saltveit, M. E. 2004. Respiratory metabolism. In: The commercial satorege of fruits, vegetables and florist nursery stocks. Agriculture Handbook Number 66. <http://usna.usda.gov/hb66/019respiration.pdf>
- Salvador, M. L., Jaime P.; Oria R. (2002). Modeling of O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> exchange dynamics in modified atmosphere packaging of Burlat cherries. *Journal of Food Science* 67:231-235
- Saxena, A.; Bawa, A. S.; Raju, P. S. 2009. Phytochemical changes in fresh-cut jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.) bulbs during modified atmosphere storage. *Food Chemistry* 115:1443–1449
- Serek, M.; Reid, M. 1997. Use of Growth Regulators for Improving the Postharvest Quality of Ornamentals. *Perishables Handling Quarterly* Issue 92: 7-9
- Taiz, L.; E. Zeiger. 1998. *Plant physiology*. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., Publishers. pp 228-229.
- Tanner, D.J.; Cleland, A.C.; Opara, L.U.; Robertson, T.R. 2002. A generalised mathematical modelling methodology for design of horticultural food packages exposed to refrigerated conditions: part 1, formulation. *International Journal of Refrigeration* 25: 33–42
- Tano, K; Oulé, M. K.; Gilles, D.; Lencki, R. W.; Arul, J. 2007. Comparative evaluation of the effect of storage temperature fluctuation on modified

- atmosphere packages of selected fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 46: 212–221
- Thompson, A. K. 1996. *Postharvest technology of fruit and vegetables*. Ed. Blackweell Science. Inc Combridge, USA. pp 57-94
- Thompson, J. F., Mitchell F. G., Kasmire, R. F. 2002. Storage System. In: Kader A.A. (ed.), *Postharvest technology of horticultural crops*. University of California Agriculture and Natural Resources, Davis. pp. 113-19
- Toivonen, P. M. A.; Brummell, D. A. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 48: 1–14
- Torres, T. M. R.; Vergara, F. M. G. 2000. Respuestas a diferentes condiciones de frigoconservación y películas plásticas de pitayas (*Stenocereus griseus Harworth* y *Stenocereus queretaroensis*), mínimamente procesadas. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 160-165
- Valdez, L. A. 1992. *Producción de hortalizas*. Ed. Limusa. México. Pp 98
- Valpuesta, V.; Quesada M. A.; Reid M. S. 1993. Senescencia y Abscisión. En Azcon-Bieto y Talon M. (ed). *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Ed Mc Graw Hill. Madrid, España. pp 485-487
- Vigliola, M. I. 2003. *Manual de horticultura*. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp 201-203
- Villaescusa, R.; Gil M. I. 2003. Quality improvement of Pleorotus mushrooms by modified atmosphere packaging and moisture absorbers. *Postharvest Biology and Technology* 28:169-179

- Villalta, A. M.; Ergun, M.; Berry, A. D.; Shaw, N.; Sargent, S. A. 2004. Quality changes of yellow summer squash blossoms (*Cucurbita pepo*) during storage. *Acta Horticulturae* 659(2): 831-834
- Walkup, C. 1997. Squash blossoms flower as popularity continues to grow. *Nation's Restaurant News* 31: 67
- Wang, Y. C. 1982. Physiological and biochemical response of plants to chilling stresses. *HortScience* 17: 173-183
- Watada, A. E.; Herner, R.; Kader, A.; Romani, R.; Staby, G. 1989. Terminology for the description stage of horticultural crops. *HortScience* 19:20-21
- Watkins, C.; Ekman, J. 2005. Storage Technologies: Temperature interactions and effects on quality of horticultural products. *Acta Horticulturae* 682: 1527-1533.
- Watkins, C. 2000. Responses of Horticultural Commodities to High Carbon Dioxide as related to modified atmosphere packaging. *HortTechnology* 10(3): 501- 506
- Waterman, P.; Mole, S. 1994. Analysis of phenolic plant metabolites. 1<sup>a</sup> ed. Osney Mead, Oxford, England. 238 p.
- Whitaker, T. W.; Bemis, W. P. 1964. Evolution in the genus *Cucurbita*. *Evolution* 18: 553-559.
- Whitaker, T. W.; Davis, G. N. 1962. Cucurbits Botany cultivation and utilization. World crops Books, London, New York. 250 p.
- Whitaker, T. W.; Robinson, R. W. 1986. Squash Breeding Vegetable Crops. Avi Publishing Company. INC. Westport, Connecticut. USA. pp. 209-241

- Wills, R.; Mc Glassons, B.; Grahamn D.; Joyce, D. 1998. Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Ed. Acrobia. Zaragoza, España. pp 49-50
- Wilson, C. L. 2007. Intelligent and active packaging for fruits and vegetables. Ed. CRC Press. New York. USA. pp 57-69
- Yahia, E. M. 1998. Modified and controlled atmosphere for tropical fruits. Hort. Rev. 22:123-183
- Yahia, E.; Ariza, F. 2001. Tratamientos físicos en poscosecha de fruta y hortalizas. Universidad de Querétaro; Instituto de Investigaciones Agrícolas. Querétaro, México. pp 80-88
- Zagory, D. 1995. Principles and practice of modified atmosphere packaging of horticultural commodities. In: Principles of modified atmosphere and sous vide product packaging. Faber, J. M.; Dodds, K. L; (Eds). Cap 8. Technomic Publishing Co., Inc. Lancaster, PA. pp 175-206