



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
INSTITUTO DE HORTICULTURA**

**FRIGOCONSERVACIÓN POSCOSECHA Y ATMÓSFERAS MODIFICADAS EN
HIGO (*Ficus carica* L.)**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



PRESENTA:

OMEGAR CRUZ ARVIZU

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

Bajo la supervisión de: Dra. Ma. Teresa Martínez Damián



Instituto de Horticultura

CHAPINGO, MÉXICO. DICIEMBRE 2018

**FRIGOCONSERVACIÓN POSCOSECHA Y ATMÓSFERAS MODIFICADAS EN
HIGO (*Ficus carica* L.)**

Tesis realizada por Omegar Cruz Arvizu bajo la dirección del comité asesor
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el
grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:


Dra. Ma. Teresa Martínez Damián

ASESOR:


Dra. María Teresa Beryl Colinas León

ASESOR:


Dra. Sweetia Paulina Ramírez Ramírez

Chapingo, México. Diciembre 2018

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo por haberme brindado el apoyo hasta esta etapa de mi vida, porque sin alguno de ellos no hubiese tenido la oportunidad de estudiar y prepararme.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca que me otorgo para realizar mis estudios de Maestría.

A la **Dra. Ma. Teresa Martínez Damián, Dra. María Teresa Colinas León y Dra. Sweetia Paulina Ramírez Ramírez**, por su apoyo incondicional, valiosas aportaciones y sugerencias que permitieron mejorar de forma significativa el presente trabajo.

Al Sra. Luz María Gudelia Velasco Morales por su amistad y apoyo recibido durante mi estancia en la Universidad Autónoma Chapingo.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor del presente trabajo, Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia OMEGAR CRUZ ARVIZU, nació el 3 de febrero de 1991 en la comunidad de La Esperanza, San Martín Chalchicuautla, San Luís Potosí. Realizó estudios de Educación Superior en la Universidad Autónoma Chapingo, donde cursó la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia de 2011 a 2015. Realizó la Maestría en Ciencias en Horticultura en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo durante el período 2017-2018.

FRIGOCONSERVACIÓN POSCOSECHA Y ATMÓSFERAS MODIFICADAS EN HIGO (*Ficus carica* L.)

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes parámetros de calidad de la fruta de higo (*Ficus carica* L.) a medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento en dos empaques (clamshell y charola de unicel con pliofilm) y dos temperaturas (1 °C y 25 °C). Se encontró que para el caso de sólidos solubles el efecto de los empaques no fue notable, sin embargo, en relación con temperaturas (1 °C y 25 °C) se presentó un fuerte contraste. En lo que respecta a fenoles y antocianinas, se incrementó la concentración a medida que transcurría el tiempo de almacenamiento de 21.1 a 37.2 (mg ácido gálico/100 g) y de 101,6 a 116.1 (mg Cianidina-3-glucósido/100 g) a 3 días de almacenamiento y alcanzaron el máximo contenido posterior a la madurez de consumo, para estos compuestos el mejor empaque es aquel que mantiene un balance de gases para evitar su degradación; como la charola de unicel con pliofilm. El contenido de vitamina C (ácido ascórbico) presentó diferencias solo el día 9, siendo los tratamientos con bajas temperaturas las que obtuvieron valores más bajos, 2.9 respecto a 3.25 mg ácido ascórbico/100 g. La firmeza fue casi constante en 15 días de almacenamiento en los tratamientos a 1 °C (7.64 a 7.9 N), opuesto a los que se encontraban a temperatura ambiente; fue posible notar el deterioro a los 3 días, caso similar con la variable pérdida de peso. Contrario a lo ocurrido en los higos almacenados a temperatura ambiente, el uso de bajas temperaturas permitió mantener con cambios mínimos las características consideradas en la escala hedónica. Estos resultados permiten ver a la refrigeración y al empaque como herramientas útiles para mantener la calidad de los productos frutícolas; en todo lo que esto se refiere.

Palabras clave adicionales: Temperatura, permeabilidad, almacenamiento, firmeza y fenoles.

POST-HARVEST FRIGOCONSERVATION AND MODIFIED ATMOSPHERES IN FIG (*Ficus carica* L.)

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate different quality parameters of the fig fruit (*Ficus carica* L.) as the storage time increases in two packages (clamshell and tray of styrofoam with pliofilm) and two temperatures (1 °C and 25 °C). It was found that for the case of soluble solids the effect of the packings was not noticeable, however, in relation to temperatures (1 °C and 25 °C) there was a strong contrast. About phenols and anthocyanins; the concentration increased from 21.1 to 37.2 (mg gallic acid / 100 g) and from 101.6 to 116.1 (mg Cyanidin-3-glucoside / 100 g) to 3 days of storage and reached the maximum content after the ripeness of consumption, for these compounds the best packaging is the one that maintains a balance of gases to avoid its degradation; like the tray of styrofoam with pliofilm. The content of vitamin C (ascorbic acid) presented differences only on day 9, being the treatments with low temperatures those that obtained lower values, 2.9 with respect to 3.25 mg ascorbic acid / 100 g. The firmness was almost constant in 15 days of storage in the treatments at 1 °C (7.64 to 7.9 N), opposite to those that were at room temperature; it was possible to notice the deterioration after 3 days, a similar case with the variable weight loss. Opposed to what happened in the figs stored at room temperature, the use of low temperatures allowed to maintain with minimum changes the characteristics considered in the hedonic scale. These results allow us to see refrigeration and packaging as useful tools to maintain the quality of fruit products; in everything that this refers.

Additional key words: Temperature, permeability, storage, firmness and phenols.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DATOS BIOGRÁFICOS	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Aspectos generales.....	4
2.2. Producción e importancia económica del cultivo de la higuera.....	5
2.2.1. Importancia del higo en México	5
2.3. Parámetros de calidad del higo (<i>Ficus carica</i> L.)	8
2.3.1. Parámetros de calidad físico-química	8
2.3.2. Parámetros de calidad nutricional.....	9
2.3.3. Calidad y composición fitoquímica.....	11
2.3.4. Parámetros de calidad sensorial.....	13
2.4. Factores involucrados en el deterioro del material vegetal	15
2.4.1. Respiración	15
2.4.2. Transpiración y pérdida de agua.....	15
2.4.2. Cambios en la composición.	16
2.4.3. Deterioro fisiológico y daños físicos.....	17
2.4.4. Deterioro microbiológico.	18
2.4.5. Condiciones de almacenamiento	19
2.5. Tecnologías postcosecha para la prolongación de la vida útil	19
2.5.1. Control de la temperatura y humedad relativa	20
2.5.2. Atmosferas controladas y modificadas	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. Localización del experimento	23
3.2. Material vegetal.....	23

3.3. Factores de estudio.....	24
3.4. Variables evaluadas.....	24
3.5. Análisis de la información	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
V.- CONCLUSIONES	50
VI- LITERATURA CITADA	51

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Sólidos solubles totales, acidez en higo variedad “Black Mission”, evaluados durante 17 días de almacenamiento para los tratamientos uno y tres, y 13 días de almacenamiento para los tratamientos dos y cuatro.....	30
Cuadro 2. Antocianinas y fenoles totales en higo variedad “Black Mission”, evaluados durante 17 días de almacenamiento para los tratamientos uno y tres, y 13 días de almacenamiento para los tratamientos dos y cuatro.....	34
Cuadro 3. Vitamina C, firmeza y pérdida de peso en higo variedad “Black Mission”, evaluados durante 17 días de almacenamiento para los tratamientos uno y tres, y 13 días de almacenamiento para los tratamientos dos y cuatro.....	39
Cuadro 4. Textura y color en higo variedad “Black Mission”, evaluados durante 17 días de almacenamiento para los tratamientos uno y tres, y 13 días de almacenamiento para los tratamientos dos y cuatro.....	41
Cuadro 5. Apariencia, vendibles, en higo variedad “Black Mission”, evaluados durante 17 días de almacenamiento para los tratamientos uno y tres, y 13 días de almacenamiento para los tratamientos dos y cuatro.	44
Cuadro 6. Aroma, sabor y presencia de hongos en higo variedad “Black Mission”, evaluados durante 17 días de almacenamiento para los tratamientos uno y tres, y 13 días de almacenamiento para los tratamientos dos y cuatro.	47

Cuadro 7. Luminosidad, pureza del color y ángulo de tono en higo variedad “Black Mission” a tres cuartos de madurez de consumo, evaluados antes de iniciar los tratamientos; a cero días de almacenamiento.	48
---	----

Cuadro 8. Luminosidad, pureza del color y ángulo de tono en higo variedad “Black Mission”, evaluados a 21 días de almacenamiento para los tratamientos uno y tres, y a 17 días de almacenamiento para los tratamientos dos y cuatro.	49
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Superficie sembrada en México (ha) de higo blanco y negro, del año 2000 al 2015.....	7
Figura 2. Rendimiento en México (t/ha) de higo blanco y negro, del año 2000 al 2015.....	7
Figura 3. Precio medio rural (\$/t) de higo blanco y negro, del año 2000 al 2015.....	8

I. INTRODUCCIÓN

El higo común (*Ficus carica* L.) es un árbol nativo del suroeste de Asia y la región del este del Mediterráneo, pertenece a la familia botánica Moraceae. El higo común fue una de las primeras plantas cultivadas por humanos y es un cultivo importante en todo el mundo para el consumo en seco y fresco. Su parte comestible se conoce comúnmente como "fruta", aunque es un sicono, es decir, un receptáculo carnoso y hueco con una pequeña abertura en el ápice parcialmente cerrada por escamas pequeñas (Dueñas *et al.*, 2008).

En esta especie la organización floral es bastante compleja, ya que en un principio se pensó que la higuera no tenía flores, sin embargo, las flores están encerradas en el interior de un receptáculo en forma de pera y éstas originarán pequeños aquenios, rodeados de un mesocarpio carnoso y que son los verdaderos frutos de la higuera. Al conjunto se le da el nombre de sicono y constituye el higo (SAGARPA, 2017).

En México la higuera ha sido una especie poco estudiada en relación con otras plantas cultivadas, esto a pesar de ser una especie de fácil multiplicación vegetativa y los frutos presenta una alta demanda, y por ello su distribución se ha incrementado con la relativa facilidad, para el año 2003 la producción de higo blanco era de 123.3 toneladas que se cosechaban en una superficie de 254 hectáreas, para el caso del higo negro se cosechaban 2062.6 toneladas en 520 hectáreas, para el año 2015 ya se cosechaban 571.6 toneladas de higo blanco y 4809.08 de higo negro en una superficie de 328.5 y 870.3 hectáreas respectivamente (SIAP, 2017).

Kong *et al.* (2013) señalan que el descubrimiento de los higos como un alimento nutritivo y rico en nutrientes ha incrementado el interés de los consumidores por este producto frutícola, lo cual ha generado la necesidad de prolongar la vida postcosecha de estos frutos.

De acuerdo con Karabulut *et al.* (2009), los higos en general se cosechan cuando están casi completamente maduros para que se desarrolle su sabor óptimo; esto da como resultado una pérdida rápida de calidad con periodos muy cortos de almacenamiento y vida de mercado, el ablandamiento postcosecha, se refleja en la pérdida de firmeza y peso, resultando en uno de los eventos de su maduración que más impacta la calidad.

Los frutos climatéricos se pueden cosechar inmaduros y madurarse artificialmente, durante la maduración, la respiración de estas frutas se incrementa de manera natural en un periodo corto de tiempo. Sin un adecuado control de temperatura, la fruta puede sobre-madurarse rápidamente y la senescencia conduciría a un daño dentro del tejido y producir compuestos volátiles característicos de un fruto sobremadurado (Paul *et al.*, 2012).

De acuerdo con Karabulut *et al.* (2009). aunque los higos se consideran una fruta climatérica, deben cosecharse cuando están casi maduros para desarrollar el sabor óptimo, el problema que encontró Crisosto *et al.* (2011) es que actualmente no existen índices de madurez de cosecha establecidos para su comercialización que se basen en la práctica en el color y la firmeza de la piel.

Se ha determinado que el uso de refrigeración durante el almacenamiento poscosecha, reduce la tasa de cambios bioquímicos inducidos por la actividad enzimática, también ha demostrado ser eficiente en la disminución del proceso respiratorio, deshidratación e inhibición del desarrollo de hongos y bacterias, en el almacenamiento de productos frescos (Canet & Álvarez, 2006).

En un estudio hecho por Baldoni *et al.* (2016) con la finalidad de reducir las pérdidas por deshidratación e incrementar la vida de anaquel de los frutos de higo, utilizaron diferentes recubrimientos comestibles, señalan que las condiciones de almacenamiento no afectaron la respiración de los frutos y de manera hipotética se menciona que esto pudo deberse a la baja temperatura de almacenamiento de 5°

C, lo que indicó que, en este estudio, la temperatura de almacenamiento fue adecuada.

El manejo de la temperatura es uno de los factores más importantes que afectan la calidad de los productos frescos, existiendo una temperatura óptima de almacenamiento para cada producto (Paliyath *et al.*, 2008). El almacenamiento a baja temperatura es una tecnología importante para desacelerar el proceso de deterioro fisiológico y patológico de los frutos (Téllez *et al.*, 2007).

Respecto a la atmósfera modificada, su principio se basa en el uso de una película de permeabilidad selectiva a los gases presentes en el aire y a un cerrado hermético. Encontramos dentro de éstas dos tipos: atmósfera modificada pasiva (MAP) y atmósfera modificada activa. En la primera, la atmósfera de equilibrio deseada se logra por la interacción entre la respiración por parte de la fruta o vegetal, la permeabilidad del film y la atmósfera externa. En la segunda la atmósfera del espacio de cabeza antes del cierre hermético se modifica inyectando N₂, una mezcla de gases o bien realizando un vacío parcial (Artés, 2006).

Algunos estudios sobre el efecto de la atmósfera modificada en fruta fresca, demuestran que los bajos niveles de oxígeno inhiben el crecimiento de la mayoría de microorganismos aerobios, que en su mayoría son responsables de la alteración y deterioro de la fruta fresca, aunque por otra parte el crecimiento de microorganismos anaerobios, especialmente los psicotrofos, no se ve afectado por este bajo nivel de oxígeno, como se podía prever e incluso su crecimiento puede llegar a ser estimulado en estas atmósferas (Conte *et al.*, 2009).

Por otro lado, elevadas concentraciones de CO₂ presentan también un efecto fungistático y bacteriostático contra la mayoría de los microorganismos aerobios, como es el caso de algunas bacterias Gram negativas, que serán más sensibles a estas condiciones, especialmente en refrigeración. Estas propiedades antimicrobianas del CO₂ son debidas a la reducción del pH y a la interferencia del

gas con el metabolismo celular y son especialmente efectivas contra mohos (Conte *et al.*, 2009).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Evaluar la calidad de higo en diferentes temperaturas (1 °C y 25 °C) y dos tipos de empaque durante almacenamiento poscosecha.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar diferentes parámetros de calidad de la fruta a medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento en dos empaques y dos temperaturas.
- Evaluar las respuestas fisiológicas del fruto: Evaluando °Brix, acidez, vitamina C, fenoles, antocianinas y pérdida de peso a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento en cada tratamiento.

1.2. Hipótesis

Se puede incrementar la vida de anaquel del higo sin demeritar la calidad, bajando considerablemente la temperatura de almacenamiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales

Si bien es conocido el higo, no obstante al tratarse de un cultivo tradicionalmente marginal, y siendo su producción de secano debido a los bajos costes de su producción, en los últimos años, se ha producido un interés creciente en el cultivo de la higuera para la producción de brevas e higos con destino al consumo en fresco. En Estados Unidos la producción de higo para consumo en fresco se ha multiplicado por cuatro durante el periodo 2002- 2006 (Crisosto *et al.*, 2010).

El higo común (*Ficus carica* L.) es un arbusto que pertenece a la familia Moraceae, es cultivado en las zonas con clima subtropical. Su fruto es una infrutescencia, es decir, un conjunto de pequeños frutos que se encierran en el interior de un saco cóncavo denominado sicono. La base donde se asientan estos frutos se hace carnosa y se concentran azúcares (Hong, 2011). El sicono aparece recubierto exteriormente por una piel que puede presentar tonalidad verdosa, negra o morada e incluso bicolor, dependiendo de la variedad. En general, higos y brevas se caracterizan por presentar forma de pera, turbinada u ovoide, su tamaño puede variar entre 2,5 y 10 cm de longitud (Crisosto *et al.*, 2011).

2.2. Producción e importancia económica del cultivo de la higuera

A nivel mundial, la superficie de cultivo de la higuera supera las 376,100 ha, con una producción estimada de 1,064,400 t. Dicha superficie y producción mundial se han mantenido más o menos estable con un máximo de 460,900 ha y más de 1,200,000 t en el año 2006. En la actualidad, Turquía es el primer país productor, con un volumen de producción en el año 2010 de 254.800 t, seguido de Egipto con 184.972 t. El tercer, cuarto y quinto puesto lo ocupan Argelia, Irán y Marruecos. Por debajo, se encuentran Siria, Estados Unidos, Túnez y España con 41.000, 36.290, 28.700 y 26.800 t respectivamente (FAOSTAT, 2014).

En Estados Unidos la producción de higo para consumo en fresco se ha multiplicado por cuatro durante el periodo 2002-2006. Por otro lado, en España, debido en parte a la actual crisis frutícola, a la buena aceptación por parte del consumidor y al aumento de los precios en el mercado, también se ha triplicado la demanda de brevas e higos para su consumo en fresco y se van estableciendo plantaciones regulares con destino al mercado en fresco y seco (Crisosto *et al.*, 2010).

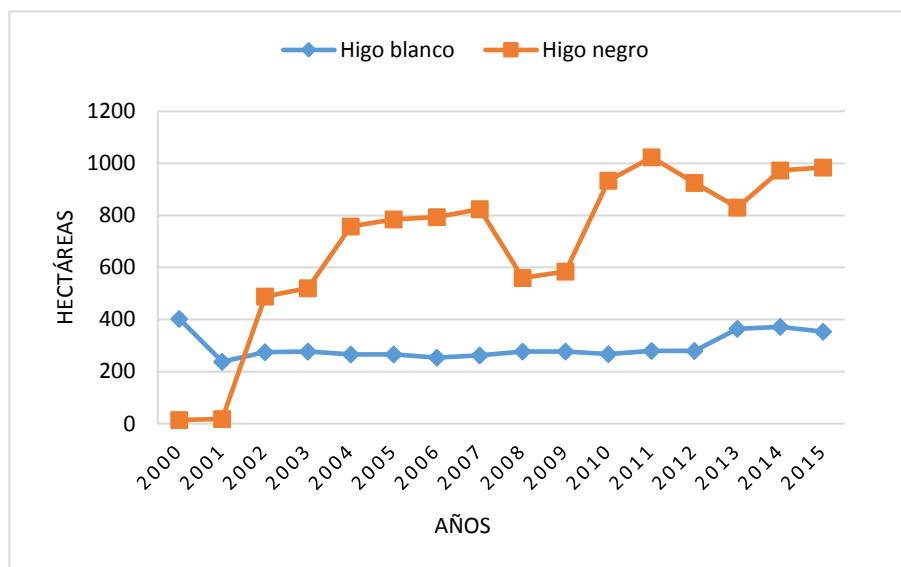
2.2.1. Importancia del higo en México

En 1967 un grupo de ingenieros israelitas diseñó el primer ejido colectivo del país, un ambicioso proyecto para colonizar la región más agreste y aislada de México: el

Valle de Vizcaíno, Baja California. Luego de cuatro días de trayecto, el primer grupo de campesinos llegó al desierto (1968); un par de años después, se repartió entre colonos dos hectáreas, una para huerto familiar de autoconsumo; y la otra, para frutales y venta de excedentes suficientes para garantizar la sobrevivencia de una familia campesina. Hoy en este proyecto de vida comunal sobrevive el huerto de higo blanco, cuya cosecha se va en su totalidad a Hong Kong (Medina, 2017).

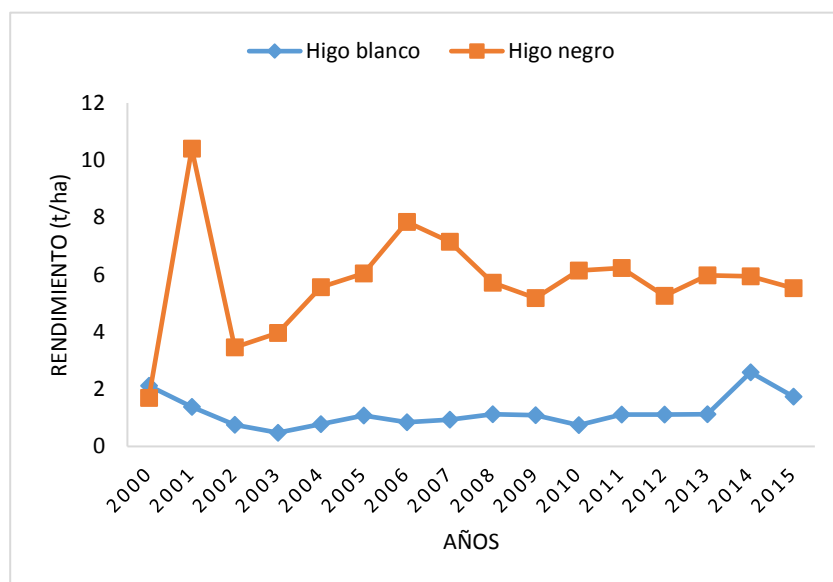
De acuerdo con el SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2018), la superficie cultivada para el caso en particular del higo negro ha tenido una tendencia al alza, mientras que el higo blanco se ha mantenido constante con un ligero aumento a partir del 2012 (Figura 1). Aunque el rendimiento del higo blanco sea menor en comparación con el higo negro (Figura 2) esta diferencia es subsanada con los precios más altos que presenta en todos los años este primero mencionado respecto al segundo (Figura 3).

Para el año 2000 solo Baja California Sur producía higos de ambos colores, en el 2001 el estado de Morelos empezaría la producción de higo negro y para el año 2015 habría 11 estados en produciendo este higo, en el 2007 Puebla se sumaría a la producción de higos blancos y estos dos estados se mantendría hasta la fecha al frente de la producción nacional de este producto, este constante incremento en la producción nacional de higo mayormente negro, indica el alto grado de aceptación de este producto tanto en el mercado nacional como internacional (SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), 2018).



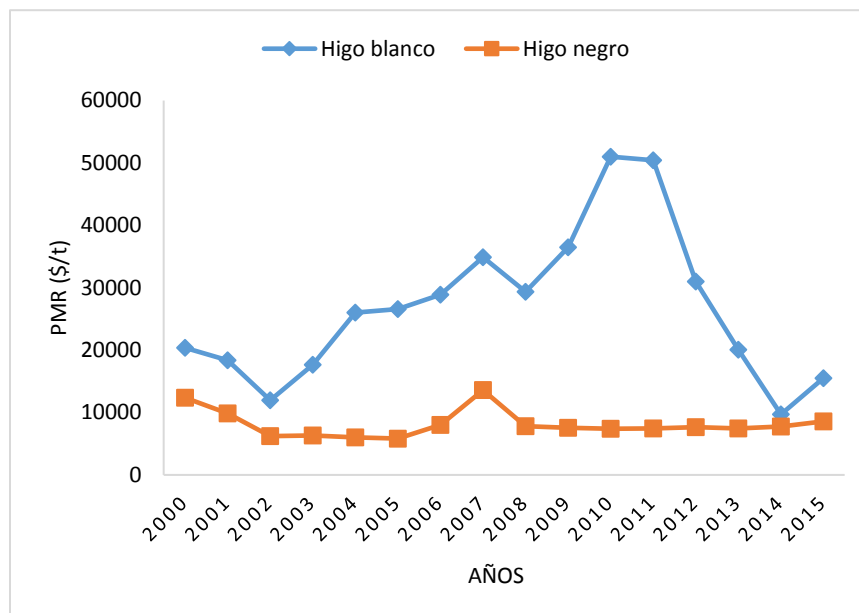
Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, SAGARPA.

Figura 1. Superficie sembrada en México (ha) de higo blanco y negro, del año 2000 al 2015



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, SAGARPA.

Figura 2. Rendimiento en México (t/ha) de higo blanco y negro, del año 2000 al 2015



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, SAGARPA.

Figura 3. Precio medio rural (\$/t) de higo blanco y negro, del año 2000 al 2015

2.3. Parámetros de calidad del higo (*Ficus carica* L.)

2.3.1. Parámetros de calidad físico-química

Flaishman *et al.* (2008) señalan que dentro de los parámetros de calidad de brevas e higos que influyen tanto en la elección del momento de recolección como en su aptitud para consumo en fresco se encuentran principalmente la firmeza y el color de la epidermis, aunque también se incluyen aspectos como el calibre, color de la pulpa, contenido en azúcares y acidez. Atendiendo a la forma del fruto, ésta depende en gran medida del genotipo, al igual que el calibre, el cual depende también del estado de maduración, así como con posibles alteraciones del fruto (Crisosto *et al.*, 2010).

Otros parámetros físico-químicos indicadores de calidad así como del estado de maduración del fruto son el contenido en sólidos solubles (CSS) y la acidez titulable (AT). En cuanto CSS, su concentración oscila entre 14 y 19 %, aunque estos valores pueden variar significativamente entre variedades. El contenido de sólidos solubles aumenta a lo largo del proceso de maduración del fruto, de forma natural, debido al

aumento de azúcares reductores, principalmente fructosa seguida de glucosa. Por otro lado, los niveles de acidez titulable también muestran variaciones dependiendo del genotipo, el estado de maduración e incluso de las condiciones edafoclimáticas de la zona de producción, el ácido cítrico ha sido descrito como el principal ácido orgánico en la mayoría de las variedades, presentando valores entre 0.22 y 0.7 % de ácido cítrico y mostrando un comportamiento de disminución a lo largo del proceso de maduración (Crisosto *et al.*, 2010).

2.3.2. Parámetros de calidad nutricional

Higos y brevas han sido valorados desde la antigüedad por sus excelentes características nutricionales. Han sido descritos como una importante fuente de minerales, principalmente potasio, calcio y hierro, vitaminas y fibra dietética entre otros compuestos, lo cual le confiere un importante valor nutricional, así como efectos beneficiosos para la salud (Veberic *et al.*, 2008).

Al igual que la mayoría de las frutas, higos y brevas presentan un elevado contenido en agua, que puede oscilar entre el 70 y el 80 % aproximadamente de la composición de estos frutos. Este elevado contenido de agua puede resultar beneficioso para la salud del consumidor. Sin embargo, el elevado contenido en agua y, por consiguiente, su elevada actividad de agua, unido a diversos factores característicos de estos frutos como su pH cercano a la neutralidad, hace que estos frutos sean mucho más sensibles al desarrollo de microorganismos que pueden dar lugar a la pérdida de las características de calidad del fruto (Vinson, 1999).

El contenido en hidratos de carbono va a influir sobre la estructura, textura, sabor y valor nutricional de la fruta fresca, suponiendo el 12 y 19 % de la composición del fruto, los cuales provienen principalmente de azúcares y fibra dietética. En cuanto a los azúcares descritos en higos y brevas, éstos dependen del genotipo, estado de maduración, características edafoclimáticas y condiciones de conservación, si bien en higos frescos, los contenidos de glucosa y fructosa pueden llegar hasta los 26 y 28 g por cada 100 gramos de porción comestible respectivamente. En cuanto a la

fibra bruta, estos frutos se caracterizan por presentar elevadas concentraciones (5.8 %), siendo estas concentraciones muy superiores a las mostradas por otras frutas (Miura *et al.*, 1998).

Los higos presentan unos muy bajos niveles de grasas. Por otra parte, cabe destacar la presencia de fitoesteroles, los cuales poseen efectos positivos en el tratamiento de enfermedades tales como hiperplasia benigna de próstata, reuma, artritis, alergias, así como contra el desarrollo de cáncer de colon. Los fitoesteroles mayoritarios en higo son el Sitosterol, fucosterol, estigmasterol y campesterol (Bradford & Awad, 2007).

Higos y brevas son una excelente fuente de vitamina C y provitamina A, lo que los convierte en un buen agente antioxidante frente a los radicales libres. Además, también son fuente de vitaminas B1 (7.1 % Tiamina), B2 (6.2 % Riboflavina) y B3. De igual modo, se caracterizan por ser la fruta con mayores contenidos en calcio (35 mg/100 g fruta) y hierro, así como valores destacados de magnesio que alcanzan los 17 mg/100 g fruta, potasio 149 mg/100 g y fósforo con 9 mg/100 g de higos frescos. Además, contienen 17 tipos de aminoácidos diferentes, entre ellos, ácido aspártico, glutámico, prolina, alanina, serina y leucina en altas concentraciones (USDA, 2014).

Los ácidos orgánicos están presentes en estos frutos en una elevada concentración, destacando principalmente el ácido cítrico, seguido del ácido málico y acético. La composición y naturaleza de estos compuestos han demostrado tener una gran influencia sobre las propiedades organolépticas de la fruta (Leong y Shui, 2002). Su contenido suele descender normalmente a lo largo de la maduración de la fruta debido a la utilización de ácidos orgánicos como sustrato de la respiración o su conversión en azúcares (Crisosto *et al.*, 2010).

2.3.3. Calidad y composición fitoquímica

2.3.3.1. Compuestos fenólicos

Higos y brevas poseen diversos compuestos fenólicos que contribuyen de manera importante a la calidad del fruto debido no sólo a sus efectos beneficiosos para la salud, sino a que estos compuestos también han sido relacionados con características sensoriales del fruto (Veberic *et al.*, 2008). La presencia de estos compuestos fenólicos contribuye al sabor amargo, astringencia y/o aroma de los frutos, pudiendo incluso contribuir al aroma de estos (Tomás-Barberán *et al.*, 2001).

Los ácidos fenólicos o también llamados compuestos fenólicos o polifenoles, son compuestos orgánicos producto del metabolismo secundario de las plantas y que son biosintetizados a través de la ruta del ácido shikímico. Son compuestos hidrosolubles, en contraste con otros antioxidantes encontrados en este fruto, como los carotenoides y tocoferoles, que son liposolubles (Kalt *et al.*, 2001).

Sin embargo, algunos de ellos también pueden desarrollar una función protección frente al ataque de patógenos o herbívoros, así como crecimiento o atracción de polinizadores (Daayf & Lattancio, 2008). Debido a esta acción antioxidante, los compuestos fenólicos han adquirido en los últimos años un gran interés debido a que bloquean el efecto dañino de los radicales libres implicados en muchos procesos degenerativos a causa del estrés (Engelfriet *et al.*, 2010), y por esta acción funcional son denominados compuestos bioactivos o fitoquímicos.

Del Caro y Piga (2008), encontraron que las variedades de higos negros tenían un mayor contenido en fenoles totales respecto a las variedades verdes o blancas, y que a su vez éstos contenidos eran mayores en piel que en pulpa.

Gimeno (2004) clasificó los compuestos polifenólicos según su estructura química, en dos grandes grupos pueden ser clasificados: No flavonoides (fenoles no carboxílicos, ácidos fenólicos: derivados del ácido benzoico y derivados del ácido

cinámico y estilbenos) y flavonoides, formados por dos grupos bencénicos unidos por un puente tricarbonado (antocianos o antocianinas, flavanoles (flavan-3-oles), flavanonas, flavonoles, flavonas, isoflavonoides y chalconas).

Los ácidos fenólicos incluyen derivados del ácido benzoico y cinámico. Los derivados más comunes del ácido benzoico son p-hidroxibenzoico, vanílico, sirínico y gálico, mientras que los derivados del ácido cinámico más comunes incluyen p- cumárico, cafeico, ferúlico y sinápico. Los derivados difieren según el grado de hidroxilación y metilación del anillo aromático (Benbrook, 2005). El ácido gálico es el segundo ácido fenólico más abundante en higos, con algunas trazas de ácido sirínico (Veberic *et al.*, 2008).

Las antocianinas se caracterizan por ser estables a valores de pH ácido, haciendo que valores de pH entre 3 y 5 favorezcan la copigmentación, estos pigmentos son responsables de los colores rojo, azul y violeta presentes en las frutas y se encuentran localizados en la vacuola y se caracterizan por ser hidrosolubles. Las principales agliconas presentes en frutas son cianidina, es quizás la más común, seguida por delfinidina, peonidina, pelargonidina, petunidina y malvidina. Por otro lado, la cianidina glicosilada con glucosa como azúcar participante, es la estructura más abundante en frutos (Piñero, 2005).

El color de la piel y de la pulpa de los higos viene determinado por su concentración de pigmentos, principalmente antocianinas, que son los compuestos que participan en el color de estos frutos. Vallejo *et al.* (2012) describieron a las cianidinas y pelargonidinas, así como sus derivados, como los pigmentos mayoritarios en higos. En el caso de las variedades de higuera de piel oscura, la principal antocianina identificada fue Cianidina 3-O-rutinósido, la que representa el 75 % de los pigmentos totales, seguido de Cianidina 3-O- glucósido y Pelargaonidina 3-O-rutinósido.

Flaishman *et al.* (2008) indicaron como el color de los higos estaba bien correlacionado con la cantidad de fenoles totales, flavonoides, antocianinas y

capacidad antioxidante. Concretamente la piel de la fruta contribuye en mayor proporción a la actividad funcional que la pulpa.

2.3.3.2. Carotenoides

Los carotenoides son una clase de pigmentos terpenoides con 40 átomos de carbono que en su mayoría son solubles en solventes apolares. Se conocen hasta 600 tipos de carotenoides diferentes, los cuales se dividen en dos tipos básicos: los carotenos que son hidrocarburos y las xantofilas que son sus derivados oxigenados. Éstos compuestos son los responsables de coloraciones que oscilan entre el amarillo y el rojo. Asimismo, el color verde de los frutos inmaduros es comúnmente debido a la presencia de carotenoides y clorofilas, mientras que en los frutos maduros la presencia de carotenoides es mayor. Los carotenoides juegan un importante papel como captadores de energía luminosa y como atrayentes de polinizadores para la dispersión de semillas, además de los beneficios sobre la salud que presenta el consumo humano de estos compuestos (Howitt & Pogson, 2006).

En higos, el contenido de carotenoides está representado principalmente por el Licopeno, con concentraciones en torno a 0.32 mg/100 g peso fresco, seguido de luteína, (0.08 mg/100 g peso fresco), y por último α -caroteno y β -caroteno (0.04 mg/100 g peso fresco) (Britton *et al.*, 2009).

2.3.4. Parámetros de calidad sensorial

Los higos son frutos ampliamente conocidos debido tanto a su atractivo sabor como a su valor nutricional. Dentro de las características sensoriales de calidad se encuentra en primer lugar la apariencia del fruto, siendo uno de los principales factores que determinan la compra del fruto por parte del consumidor. La apariencia comprende un gran número de factores que concurren durante el cultivo y comprenden la forma, tamaño y color (Solomon *et al.*, 2006). Otro índice de calidad destacable directamente relacionado con la apariencia es la ausencia de defectos.

La incidencia de defectos dependerá de diversos factores: biológicos (microorganismos, insectos y otros agentes biológicos que causan plagas y enfermedades); fisiológicos (como desequilibrios nutricionales y estado de maduración); culturales (clima, suelo, relaciones hídricas e intensidad luminosa); daños mecánicos y características genéticas (Crisosto & Kader, 2004).

Entre las propiedades sensoriales de los frutos, quizá sea el color la más importante, ya que los consumidores establecen una clara relación entre el color y la calidad de un producto y además, es el primer atributo del producto que se aprecia. También la textura del fruto es una cualidad muy importante, aunque a su vez es difícil de definir, ya que depende de un amplio rango de atributos. Las características más apreciadas de textura varían en función del tipo de fruto, aunque en general, para la mayoría de los frutos los consumidores prefieren una textura firme. En higos, los más aceptados están relacionados con la fruta entera y firme. Otro factor que influye en la calidad del fruto, concretamente en su firmeza, es el tiempo transcurrido entre la recolección y la entrada en refrigeración. En general, mientras más cortos sean estos periodos, mejor se mantendrá la calidad del fruto (Dollahite *et al.*, 2007; Crisosto *et al.*, 2011).

Por otra parte, la composición química, sobre todo en lo referente al contenido en azúcares, ácidos orgánicos y compuestos volátiles será la determinante del sabor y del aroma (Valero & Serrano, 2010), y, por tanto, de vital importancia en la calidad gustativa. El porcentaje de aceptabilidad por parte del consumidor está directamente relacionado con el índice de maduración (IM), que relaciona SST con la AT, el cual será de gran importancia para la selección de las variedades de higos (Bremer, 2008). Entre los aspectos que más influyen en la calidad del higo cuando se comercializa en fresco respecto a la aceptación por parte del consumidor es el estado de maduración.

El aroma, junto con el color, es una de las características organolépticas más atractivas de las frutas, y se debe a una mezcla compleja de componentes volátiles.

La proporción de componentes aromáticos es una de las causas que afectan al flavor de las frutas, estando formado por un complejo grupo de sustancias químicas. Las variaciones en los compuestos aromáticos dependen de factores como las condiciones edafoclimáticas, el genotipo, el grado de maduración y los factores tecnológicos (Riu-Aumatell *et al.*, 2004).

Los compuestos volátiles son en su mayoría ésteres, muchos con aromas típicos a fruta, y también alcoholes, ácidos, aldehídos, cetonas, lactonas y derivados terpénicos (Valero & Serrano, 2010). Su importancia relativa va a depender de la concentración mínima, de la potencia y de la interacción con otros componentes. Entre los compuestos volátiles del aroma de higos y brevas se han identificado compuestos como acetaldehído, acetato de etilo, metanol, etanol, hexanal, benzil-alcohol, benzaldehído, limoneno, (E)-2-hexenal y octanal, así como sesquiterpenos hidrocarbonados (trans-caryophylleno y germacreno D) y sesquiterpenos oxigenados (hidroxycariofilleno) (Oliveira *et al.*, 2010).

2.4. Factores involucrados en el deterioro del material vegetal

2.4.1. Respiración

En postcosecha estos frutos se caracterizan por presentar una actividad respiratoria moderada (10-20 mg CO₂/Kg h a 5 °C). Sólo en la última fase de maduración de los frutos se produce un aumento de la tasa respiratoria coincidiendo con el pico climatérico, para después disminuir (Crisosto & Kader, 2004).

2.4.2. Transpiración y pérdida de agua

La pérdida de agua es una de las causas principales de deterioro, suponiendo pérdidas directas como es la pérdida de peso vendible, así como pérdidas indirectas al afectar tanto a la apariencia de los frutos como a su textura. La tasa de transpiración está influenciada por muchos factores internos, tales como las características morfológicas y anatómicas, la relación entre la superficie y el

volumen, los daños en la superficie y el estado de madurez. Además, también está influenciada por factores externos o ambientales como la temperatura, la humedad relativa, el movimiento del aire y la presión atmosférica. La transpiración es un proceso físico que consiste en la evaporación del agua de los tejidos vegetales. Puede ser controlado por la aplicación de ceras y otras cubiertas superficiales o envolturas de plástico al producto, o por el control del medio ambiente en el almacenamiento (Dollahite *et al.*, 2007).

2.4.2. Cambios en la composición.

A lo largo del proceso de maduración y senescencia de los higos se producen diversos cambios en la composición de los frutos, generando cambios en el color así como en el sabor y el aroma debidos a la disminución de ácidos orgánicos, aumento de azúcares simples (glucosa, sacarosa y fructosa), disminución de almidón, síntesis de compuestos aromáticos, disminución de la astringencia y se produce un ablandamiento por degradación parcial de los componentes de la lámina media y de la pared celular primaria de las células que forman la parte carnosa del fruto, (Valero & Serrano, 2010).

De este modo, se ha demostrado que cuanto más avanzado sea el estado de maduración, mayor será el contenido de sólidos soluble, así como de los valores de pH, mientras que la acidez titulable disminuye (Bremer *et al.*, 2008; Crisosto *et al.*, 2010), lo cual se repercute en la aceptabilidad del consumidor.

Con respecto a la firmeza, hay que mencionar que existen diferencias en cuanto a la variedad, aunque en todos ellos se observa una pérdida significativa de firmeza durante el periodo de almacenamiento, ya que el proceso de maduración origina cambios en el contenido de carbohidratos, como la desintegración de pectinas y otros polisacáridos, dando como resultado el ablandamiento de los productos y, consecuentemente, aumentando la susceptibilidad a daños mecánicos (Bremer *et al.*, 2008).

Por otra parte, durante la maduración de los frutos carnosos se producen cambios en el color, debidos a la degradación de clorofilas y síntesis de otros pigmentos como carotenoides y antocianinas. La oxidación-degradación de las clorofilas da productos como feofitina, feofórbido y clorofilina que son de colores más pardos. Por el contrario, otros compuestos responsables del color como carotenoides y antocianinas tienden a aumentar a lo largo de la maduración de los frutos (Solomon *et al.*, 2006; Crisosto *et al.*, 2010).

2.4.3. Deterioro fisiológico y daños físicos

Los higos y las brevas, al igual que el resto de las frutas se deterioran rápidamente después de la cosecha y en algunos casos no llegan a los consumidores en las condiciones adecuadas de calidad tras el almacenamiento, transporte y comercialización. Concretamente, higos y brevas se caracterizan por ser frutos altamente perecederos debido a su alta susceptibilidad a podredumbres y daños (Crisosto *et al.*, 2011).

Sus características hacen que los procesos de recolección y tratamientos postcosecha sean extremadamente complicados, produciéndose también fácilmente la ruptura por daños físicos o mecánicos, permitiendo la rápida pérdida de su contenido nutricional, así como incrementando el riesgo de entrada de microorganismos. Por otra parte, una de las causas más comunes de deterioro de las frutas es la deshidratación, con la consecuente pérdida de peso, alteraciones en el color, pérdida de textura, picado de la superficie, pardeamientos, pérdida de acidez y deterioro microbiano, entre otros (Irfan *et al.*, 2013).

Resulta de vital importancia el momento de recolección del fruto del árbol para retrasar en la medida de lo posible la aparición de alteraciones, Crisosto *et al.* (2011) determinaron que aquellos frutos recolectados en su estado óptimo de maduración de consumo en el árbol presentan una vida útil más corta que aquellos recolectados en su estado comercial, en los cuales se retrasa la aparición de malos olores y

daños durante el almacenamiento. Además, la actividad metabólica en frutos recolectados en su momento de maduración de consumo en el árbol presenta mayores tasas respiratorias y de producción de etileno, lo cual favorecen el rápido deterioro de los frutos.

2.4.4. Deterioro microbiológico.

La microflora natural de las frutas está formada principalmente por levaduras, mohos y, en menor grado, por bacterias. Ello se debe a los bajos valores de pH mostrados por las frutas, como consecuencia de los ácidos que poseen y a que las bacterias prefieren un pH neutro. La microflora inicial de las frutas procede del campo, de la recolección y del transporte. Además, la propia morfología del higo, debido a la apertura de su ostiolo y la fragilidad de su piel, lo hace susceptible al acceso de pequeños insectos o la avispa común (Cantín *et al.*, 2011), los cuales son en muchos casos vectores de la población alterante de este fruto.

Aunque la microflora inicial de las frutas generalmente está compuesta por bacterias aerobias mesófilas, levaduras y mohos principalmente, son los dos últimos los principales causantes del deterioro a lo largo de su periodo de almacenamiento (Cantín *et al.*, 2011).

Sin embargo, la causa más importante de deterioro en este fruto es la incidencia de mohos alterantes y podredumbres, para los cuales es fácil colonizar el higo fresco debido a la fácil alteración o rotura de la piel del higo, así como a su elevado contenido en azúcar y su humedad. Éstos son los principales causantes de daños en higos, suponiendo el 50 % de las pérdidas de producción (Crisosto *et al.*, 2006)

En cuanto a postcosecha, los mohos que pueden llegar a causar alteraciones en el higos y que se encuentran más comúnmente en la fruta son *Botrytis cinerea*, *Monilinia laxa*, *Alternaria alternata*, *Fusarium moniliforme*, *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium herbarum*, *Phytophthora palmivora*. Asimismo,

también han sido identificadas levaduras como *Hanseniaspora* spp., y *Torulopsia* spp (Cantín *et al.*, 2011).

Por otra parte, también se pueden encontrar algunos mohos patógenos como *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*, los tienen una especial importancia, puestos que han sido descritos como productores de micotoxinas conocidas como aflatoxinas, (Coviello *et al.*, 2009).

2.4.5. Condiciones de almacenamiento

Los frutos de la higuera están considerados como muy perecederos, su carácter climatérico hace que estos frutos maduren rápidamente incluso tras su recolección. Además, su susceptibilidad a daños y podredumbres durante el almacenamiento, lo que hace que su conservación sea bastante complicada (Crisosto *et al.*, 2011).

La mayoría de las alteraciones postcosecha que aparecen en los frutos están relacionadas con la temperatura de almacenamiento de estos, ya que muchas de las reacciones físicas, bioquímicas, microbiológicas y fisiológicas que contribuyen al deterioro de la calidad de la fruta, son muy dependientes tanto de la temperatura como de la maduración. Por otra parte, dado que higos y brevas no son sensibles a las bajas temperaturas, no se han descrito daños por frío durante su almacenamiento en refrigeración (Crisosto *et al.*, 2011).

2.5. Tecnologías postcosecha para la prolongación de la vida útil

La postcosecha es la fase de la vida de los vegetales que sigue a la cosecha, en la cual, la hortaliza o la fruta se separa de la fuente de nutrientes y tiene que continuar con sus procesos metabólicos consumiendo sus propios nutrientes. Así, en los estudios postcosecha se abordan los principios básicos que regulan el metabolismo del producto cosechado, así como el conocimiento de las tecnologías de manejo necesarias para la adecuada conservación de dicho producto natural o en fresco, en función de sus características en el momento de la cosecha y de su destino

comercial. Durante las últimas décadas, los estudios de conservación de fruta fresca se han centrado en la aplicación de nuevas tecnologías postcosecha, para conseguir aumentar la vida útil de la fruta y mantener durante el mayor tiempo posible la calidad original de la fruta fresca (Erkan & Kader, 2011).

2.5.1. Control de la temperatura y humedad relativa

Como cualquier fruta, se ha visto que los principales parámetros que hay que controlar para prolongar su vida útil son la temperatura y la humedad relativa durante el periodo de almacenamiento del producto. Los higos almacenados a temperatura ambiente presentan una vida comercial realmente escasa, siendo de 1-2 días a 20 °C (Irfan *et al.*, 2013). Crisosto y Kader (2004) recomendaron unas condiciones de almacenamiento de entre -1 y 0 °C y una humedad relativa de entre el 90 y 95 %.

Concretamente, autores como Crisosto y Kader (2007) recomendaron un enfriamiento rápido mediante aire forzado a 0 °C, así como, con una humedad relativa entre 90-95 %. En estas condiciones, se ha visto que higos de las variedades 'Black Mission' y 'Calimyrna' pueden alcanzar una vida postcosecha de 1 a 2 semanas.

2.5.2. Atmósferas controladas y modificadas

Las atmósferas modificadas y controladas han sido desde hace algunos años utilizadas como forma de almacenamiento para mantener la calidad de frutas y hortalizas. Las atmósferas controladas se caracterizan por controlar durante todo el almacenamiento la composición de gases. Los beneficios de las atmósferas controladas se basan en la utilización de bajas presiones de O₂ y elevadas presiones de CO₂, las cuales frenan el metabolismo respiratorio, reduciendo la transpiración y retrasando el deterioro fisiológico y microbiano de la fruta (Artés, 2006).

Respecto a la atmósfera modificada, su principio se basa en el uso de una película de permeabilidad selectiva a los gases presentes en el aire y a un cerrado hermético. Encontramos dentro de éstas dos tipos: atmósfera modificada pasiva (MAP) y atmósfera modificada activa. En la primera, la atmósfera de equilibrio deseada se logra por la interacción entre la respiración por parte de la fruta o vegetal, la permeabilidad del film y la atmósfera externa. En la segunda la atmósfera del espacio de cabeza antes del cierre hermético se modifica inyectando N_2 , una mezcla de gases o bien realizando un vacío parcial (Artés, 2006).

Entre las variantes de atmósferas modificadas más utilizadas actualmente se encuentran las atmósferas modificadas pasivas en equilibrio (EMAP), la cual ha demostrado ser efectiva en la prolongación de la vida útil de productos frescos. Esta tecnología puede ser creada mediante el uso de films poliméricos con distinto número de microperforaciones o diferente permeabilidad, siendo comúnmente usada en productos con una alta tasa de respiración (Kartal *et al.*, 2012).

En general, para crear atmósfera modificadas se requieren materiales plásticos con moderada o baja permeabilidad a los gases como el polietileno (PE), el policloruro de vinilo (PVC), el polipropileno (PP) o poliéster (PET). A nivel industrial, también se suelen emplear envasados herméticos en bolsas o barquetas que se forman y se termo sellan automáticamente. En consecuencia, los polímeros empleados para las atmósferas modificadas deben reunir características como: permeabilidad selectiva para los distintos gases, baja permeabilidad al vapor de agua, elevada transparencia, claridad y brillo, peso reducido, espesor idóneo, no tóxico, resistencia a la rotura y estiramiento, facilidad para ser sellado por calor incluso a bajas temperaturas (30-40 °C), inocuo (es decir, que no reaccione con el producto), buena resistencia térmica, adecuación para uso alimentario y comercial, fácil manejo para el envasado y etiquetado, fácil impresión y buena tolerancia a tratamientos antivaho, (Xanthopoulos *et al.*, 2012).

El desarrollo actual de pequeñas y finas películas microperforadas ofrece nuevas posibilidades a la industria destinada a la conservación de frutas y hortalizas frescas, ya que presentan otros beneficios sobre las cualidades sensoriales de frutas y vegetales. Consiguen mantener la firmeza durante más tiempo, así como la apariencia externa referente al color y brillo de la piel (Valero & Serrano, 2010).

Algunos estudios sobre el efecto de la atmósfera modificada en fruta fresca, demuestran que los bajos niveles de oxígeno inhiben el crecimiento de la mayoría de microorganismos aerobios, que en su mayoría son responsables de la alteración y deterioro de la fruta fresca, aunque por otra parte el crecimiento de microorganismos anaerobios, especialmente los psicotrofos, no se ve afectado por este bajo nivel de oxígeno, como se podía prever e incluso su crecimiento puede llegar a ser estimulado en estas atmósferas (Conte *et al.*, 2009).

Por otro lado, elevadas concentraciones de CO₂ presentan también un efecto fungistático y bacteriostático contra la mayoría de los microorganismos aerobios, como es el caso de algunas bacterias Gram negativas, que serán más sensibles a estas condiciones, especialmente en refrigeración. Estas propiedades antimicrobianas del CO₂ son debidas a la reducción del pH y a la interferencia del gas con el metabolismo celular y son especialmente efectivas contra mohos (Conte *et al.*, 2009).

Aunque en principio estas películas habían sido desarrollados para el envasado en atmósferas modificadas pasivas de productos frescos con elevada tasa respiratoria, como por ejemplo las frutas u hortalizas mínimamente procesadas recientemente han sido aplicados en fruta entera como las fresas (Kartal *et al.*, 2012).

Otros autores como Ayhan y Kara-Cay (2011) estudiaron en una variedad piel oscura como 'Bursa sSyahi' el efecto de MAP, tanto activa como pasiva incluyendo bajas (10 % O₂ + 20 % CO₂) y altas concentraciones de oxígeno (70 % O₂ + 20 % CO₂) mediante el uso de film de polipropileno biaxial bi-orientado (BOPP). Los

autores concluyeron que los frutos envasados en MAP pasiva y bajas concentraciones de oxígeno tuvieron colores más brillantes tanto en piel como en pulpa en comparación con aquellos envasados en MAP con altas concentraciones de oxígeno. Por otra parte, los higos almacenados en atmósferas con bajas concentraciones de oxígeno presentaron una vida útil de 15 días a 4 °C, mientras que los higos almacenados en altas concentraciones presentaron una vida útil muy corta desde el punto de vista sensorial.

Bouzo *et al.* (2012) estudiaron el efecto de distintos tipos de envasado en higos de la variedad 'Brown Turkey'. Éstos fueron almacenados a 2 °C durante 21 días en bolsas de polietileno macroperforadas, así como en polietileno tereftalato (PET) sin permeabilidad a gases y en polietileno con absorbedores de etileno. Los autores informaron de que MAP mostró los mejores resultados en cuanto a apariencia interna y externa, además de disminuir la tasa respiratoria y extender la vida útil.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del experimento

La etapa experimental de la investigación se realizó en las instalaciones del laboratorio de Fisiología de Frutales del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en Texcoco, Estado de México.

3.2. Material vegetal

Los frutos de higo (*Ficus carica* L.) variedad "Black Misión", se recolectaron en municipio de Axochiapan, en el estado de Morelos a principios del mes de abril de 2018. La elección de los frutos a cosechar se realizó con base en la experiencia de los productores de la zona; a tres cuartos de madurez, es decir, cuando la coloración violeta intenso a ocupado 3/4 del total de la superficie del higo.

La variedad “Black Mission” es la más conocida, de acuerdo con Fálder (2003), se trata de una variedad tardía que produce higos y brevas de piel negra a morada y pulpa rosa pálida, mismos que son destinados al consumo en fresco o seco.

3.3. Factores de estudio

El trabajo se trató de un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2 con 3 repeticiones, en donde se usaron dos temperaturas (1 °C y 25 °C) y dos envases (clamshell y charola de unicel con pliofilm) con tres repeticiones cada uno y 8 tomas de datos en cada tratamiento, esto da un total de 96 unidades experimentales.

T-1. 1 °C + Clamshell

T-2. 25 °C + Clamshell

T-3. 1 °C + Charola de unicel con pliofilm

T-4. 25 °C + Charola de unicel con pliofilm

3.4. Variables evaluadas

La evaluación sensorial se realizó mediante un análisis sensorial de cada repetición de los tratamientos. Para lo cual fue necesario conocer el producto en diferentes estados de madurez, así como las principales afecciones que sufre el fruto después de esta. Se evaluaron los siguientes parámetros: Apariencia, vendibles, textura, color, aroma, sabor y porcentaje de hongos. Se utilizó una escala general de cinco puntos, donde 0: muy malo, 1: malo, 2: regular, 3: bueno, 4. Muy bueno y 5: excelente. Excepto para la presencia de hongos, en donde fue el porcentaje de infección.

Se registró el peso inicial de cada unidad experimental, cada tres días, durante 15 días, donde se utilizó una balanza granataria con aproximación de 0.01 g, y se aplicó la siguiente fórmula:

Pérdida de peso (%) = [(Peso inicial-peso final) / peso inicial] x 100.

La firmeza de los frutos se obtuvo con un texturómetro digital, equipado con un puntal. Los valores obtenidos se expresan como la fuerza en Newtons (N) necesaria para penetrar el tejido (Bourne, 1980).

Las evaluaciones del color de los frutos se realizó con un colorímetro mediante el sistema espacio de color (Hunter Lab) el cual utiliza las coordenadas L, a y b para localizar en un espacio tridimensional el color del producto. El parámetro L mide directamente la luminosidad o brillantez y varia de 0, que representa color totalmente oscuro, hasta 100 (máximo brillo). El valor “a” representa al color rojo si es positivo y verde si es negativo, y el parámetro “b” corresponde al amarillo si es positivo y azul si es negativo.

La acidez titulable se determinó por el método de AOAC (1998) donde 10 gramos de pulpa de frutos se homogenizaron en una licuadora comercial con 50 ml de agua destilada. El extracto se filtró y se tomaron alícuotas de 10 ml y se adicionaron NaOH 0.01 N hasta lograr la neutralización. El porcentaje de acidez titulable se expresa como % de ácido cítrico utilizando la fórmula:

$$\% \text{ Ácido cítrico} = \frac{\text{ml NaOH} \times \text{Meq. Ácido} \times V \times 100}{\text{Peso muestra} \times \text{alícuota}}$$

Donde N: normalidad del NaOH, V: volumen total (mL después de moler en la licuadora), y Meq. ácido: miliequivalentes del ácido presente en mayor proporción (0.064 para el ácido cítrico).

La concentración de vitamina C se determinara con base en el método del 2, 6 diclorofenol indofenol (AOAC, 1998). Se tomaron muestras de 5 gramos de pulpa, se homogenizaron con 50 ml de ácido oxálico. Una alícuota de 5 ml se tituló con la solución de Tillman hasta que el color rosa permaneció visible por un minuto. La

cantidad de ácido ascórbico se calcula por referencia con soluciones de ácido ascórbico de concentración conocida.

Los sólidos solubles (°Brix), se determinaron con la metodología de la AOAC (1984) con un refractómetro digital. El resultado se expresó en unidades °Brix.

El contenido de antocianinas se determinó por el método propuesto por Craker (1971), que consiste en pesar 0.5 g de tejido, triturar en mortero con metanol- HCl 1 % para posteriormente filtrar y leer su absorbancia a 525 nm. Los valores se expresan en mg/100 g de cianidina-3-glucósido (antocianina predominante) utilizando la ecuación:

Antocianinas (mg/100 g) = $(A \times PM \times FD \times 100) \epsilon^{-1}$ donde A: absorbancia a 525 nm, PM: peso molecular de la cianidina- 3-glucósido (449.2), FD: factor de dilución, y ϵ : absortividad molar para la cianidina-3-glucósido (26,900).

El contenido de fenoles totales, se cuantifico con el método propuesto por Waterman & Mole (1994) con las siguientes modificaciones: se tomaron 2 g de tejido a los cuales se adicionaron 10 ml de solución extractora de alcohol etílico absoluto al 70 % (se usa como solvente agua destilada) y se molieron las muestras cuyo extracto se colocó en frascos de vidrio con tapa y se dejaron en refrigeración por un periodo de 12 horas. Después de 12 horas los extractos se sacaron del refrigerador para que tomaran temperatura ambiente, se tomaron 150 µL de cada extracto y se colocó en tubos de fondo plano, a cada muestra o extracto se le agregó 850 µL de agua destilada para completar un volumen de 1 mL, posteriormente a cada muestra se le agregaron 7 mL de agua destilada para tener un volumen total de 8 mL, se adicionaron 500 µL de reactivo Folin-Ciocalteu (2 N) y se agitaron las muestras un momento para luego dejarlas reposar por 8 minutos, se agregaron 1.5 mL de Na₂CO₃ (20 %) usando como solvente agua destilada, se agitaron un momento y finalmente las muestras se dejaron reposar en oscuridad 2 horas. Transcurridas las 2 horas se obtuvo la absorbancia a 760 nm utilizando como blanco agua destilada.

Los datos se expresaron en mg/100 g, tomando como referencia una curva estándar de ácido gálico.

3.5. Análisis de la información

Se realizó análisis de la varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$) para comparar promedios de tratamientos; así como análisis de correlación de Pearson, ambos con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System Institute Inc.) versión 9.0.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas en todas las variables con excepción de acidez (% ácido cítrico), color, pureza del color (Croma) y ángulo de tono (Hue) (Cuadros 1, 3 y 6).

Comparación de medias

Sólidos solubles totales

Para el caso de sólidos solubles se encontró para el día tres que existen diferencias significativas entre el tratamiento 2 (25 °C + Clamshell) con respecto a los tratamientos 1 y 3 (1 °C + Clamshell y 1 °C + Charola de unicel con pliofilm respectivamente) siendo el valor de sólidos solubles mayor en el tratamiento 2 (18.17 °Bx) contra (13.80 y 13.83 °Bx) respectivamente. Al transcurrir los días 5, 7 y 13 los tratamientos 1, 2 y 3 no superaron estadísticamente al tratamiento 4 (25 °C + Charola de unicel con pliofilm) donde este último concentra valores de 17.17 a 18.67 °Bx. Generalmente en los días de almacenamiento en donde mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos se pueden apreciar mayor cantidad de °brix en los tratamientos sin refrigeración, suponiendo un estadio

más avanzado de maduración de estos frutos en comparación con los demás tratamientos.

Villalobos *et al.* (2016), al trabajar con extractos de soya como cubierta en frutos de higo para el control de patógenos y atmosferas modificadas, en empaques con diferentes tamaños de microperforaciones, encontraron que a mayor tamaño de las perforaciones y a medida que aumentaban los días de almacenamiento se incrementaba la cantidad de grados brix, e indica que este aumento puede haber sido más pronunciado debido a la pérdida de humedad por la cantidad de agua en estado gaseoso que permite salir este empaque.

En las primeras tres fechas de evaluación; a tres, cinco y siete días de almacenamiento, se encontró que los tratamientos con diferente empaque pero a 1 °C no mostraron diferencias entre ellos, esto concuerda con lo reportado por Kong *et al.* (2013) quienes al trabajar en poscosecha de higo, encontraron, que aunque el tipo y el grado de defectos variaron según el cultivar, la fruta almacenada a 20 °C incrementa el desarrollo de la descomposición rápidamente, por lo tanto, un manejo a 0 °C es esencial durante el almacenamiento, ya que en esta temperatura (0 °C) se reportaron menos daños al fruto y una detención en el proceso de maduración. Señalando así que el aumento de °brix es una consecuencia natural del progreso de la madurez.

Los resultados obtenidos concuerdan con Baldoni *et al.* (2016) quienes, al evaluar la respuesta fisiológica, calidad postcosecha y actividad microbiológica de frutos de higo cv. 'Black Mission', como resultado de la aplicación de formulaciones a base de quitosano combinado con cera de abeja y aceites esenciales de canela o limón, no encontraron diferencias significativas entre tratamientos hasta el día 16, en donde los sólidos solubles de los frutos del tratamiento con aceite esencial de canela y limón fue de 16.0° en promedio para el mismo cultivar que el nuestro.

El contenido de sólidos solubles encontrados en este trabajo, son similares a los reportados por Souza *et al.* (2013) al evaluar las principales características morfológicas, químicas y sensoriales de cuatro variedades de higo (Colar, San Antonio, Cuello de Dama Negro y Tiberio).

Aunque el efecto de los empaques no fue notable en los sólidos solubles, las temperaturas (1 °C y 25 °C) mostraron un fuerte contraste; tal fue el caso, que a 13 días de almacenamiento a 25 °C los tratamientos de ambos empaques (25 °C + Clamshell y 25 °C + Charola de unicel con pliofilm) se desecharon los higos debido a que ya no se encontraban comestibles por la deteriorada apariencia producto de la contaminación por hongos.

Acidez

La acidez no presentó diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) entre tratamientos durante el periodo de almacenamiento (Cuadro 1), los resultados obtenidos coinciden con Baldoni *et al.* (2016) quienes al trabajar con recubrimientos comestibles en higo, encontraron valores de 0.15 % y 0.20 % entre tratamientos del día 8 al día 16 de almacenamiento, no obstante, los datos encontrados contrastan a los reportados por Crisosto *et al.* (2010), quienes trabajaron con la misma variedad que la nuestra en dos tipos de madurez: a) madurez comercial y b) madurez de consumo en el árbol, obteniendo resultados de 0.44 % y 0.38 % de acidez respectivamente.

Cuadro 1. Sólidos solubles totales, acidez, antocianinas y fenoles totales en higos variedad “Black Mission”, evaluados durante 17 días de almacenamiento para los tratamientos uno y tres, y 13 días de almacenamiento para los tratamientos dos y cuatro.

Tiempo (días)	0	3	5	7	9	11	13	15	17
Sólidos solubles totales (°Brix)									
1 °C + Clamshell		13.80 b ^z	15.00 b	14.00 b	16.67 a	12.67 a	12.33 b	13.33 a	15.50 a
25 °C + Clamshell		18.17 a	15.17 b	14.83 ab	16.00 a	14.83a	14.00 ab		
1 °C + Charola de unicel con pliofilm	13.5	13.83 b	13.67 b	13.17 b	16.50 a	12.83 a	12.83 b	14.50 a	15.50 a
25 °C + Charola de unicel con pliofilm		14.50 ab	17.17 a	18.67a	15.50 a	17.50 a	17.50 a		
DMSH		3.810	1.870	4.052	5.770	5.203	3.588	4.362	3.726
Acidez (% ác. cítrico)									
1 °C + Clamshell		0.222 a	0.193 a	0.116 a	0.146 a	0.129 a	0.120 a	0.127 a	0.149 a
25 °C + Clamshell		0.170 a	0.163 a	0.112 a	0.142 a	0.125 a	0.174 a		
1 °C + Charola de unicel con pliofilm	0.162	0.133 a	0.157 a	0.109 a	0.132 a	0.119 a	0.112 a	0.112 a	0.113 b
25 °C + Charola de unicel con pliofilm		0.132 a	0.185 a	0.124 a	0.127 a	0.153 a	0.151 a		
DMSH		0.106	0.067	0.027	0.034	0.048	0.073	0.049	0.019

DMSH: diferencia mínima significativa honesta. ^z Valores con la misma letra dentro de cada columna, no son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Antocianinas (Cianidina-3-glucósido/100 g)

En este caso no hubo diferencias entre tratamientos, excepto el día 13; en el cual el tratamiento 3 (1 °C + Charola de unicel con pliofilm) fue diferente al tratamiento 4 (25 °C + Charola de unicel con pliofilm) y los tratamientos 1 y 2 (1 °C + Clamshell y 25 °C + Clamshell) fueron similares entre ellos. El tratamiento 4 fue superior a los demás, incluso se obtuvo una cantidad que duplica a lo encontrado en el tratamiento 3 (73.19 y 35.43 mg cianidina-3-glucósido/100 g) respectivamente. Villalobos *et al.* (2010) señalan que durante la maduración de los frutos carnosos se producen cambios en el color, debidos a la degradación de clorofilas y síntesis de otros pigmentos como carotenoides y antocianinas, uno de los principales parámetros indicativos tanto del nivel de maduración como de alteración del fruto es el color, suponiendo así una maduración más avanzada en el tratamiento 4 que, en el 3, por efecto de temperatura.

Respecto al tratamiento 4 presentó mayor concentración (73.19 Cianidina-3-glucósido/100 g) que el tratamiento 2 (66.39 Cianidina-3-glucósido/100 g) aunque fueron almacenados a la misma temperatura (25 °C), estos estaban en diferentes empaques (Charola de unicel con pliofilm y Clamshell) respectivamente, Valle-Guadarrama *et al.* (2008) indica que el CO₂ es de suma importancia en la degradación de antocianinas, ya que al fijarse como HCO₃⁻ modifica el pH del tejido y favorece las condiciones para dicha degradación, mostrando así mayor permeabilidad la charola de unicel con pliofilm respecto al clamshell.

Slatnar (2011), reporta que en el higo se ha encontrado que contiene desde 0.1 mg eq. hasta 27.3 mg eq. Cianidina-3-glucósido/100 g de muestra según la variedad y Cianidina-3-glucósido/100 g la parte del higo que sea evaluada (piel, pulpa, etc.), estos valores son ligeramente inferiores a los encontrados en este trabajo.

En el día 0 se encontró un valor de 21.1 de Cianidina-3-glucósido/100 g, pero a los 3 días de almacenamiento este valor fue superado por todos los tratamientos en un

rango de 31.73 a 43.18 (Cianidina-3-glucósido/100 g), lo anterior contrasta con lo reportado por Valle-Guadarrama *et al.* (2008) que con el objetivo de evaluar el efecto del almacenamiento en atmósferas controladas y temperatura de refrigeración (5 °C), sobre la calidad y posterior vida de anaquel de frutos de litchi cultivar 'Mauritius', cosechados en el estado fisiológico de madurez de consumo, durante el almacenamiento refrigerado el contenido de antocianinas bajó considerablemente de 39 a 21 (mg cianidina-3-rutinoso 100 g⁻¹) en los frutos, no obstante, se puede entender que en nuestro trabajo los frutos se encontraban a 3/4 de madurez de consumo y como proceso aunado a la maduración hubo un incremento en la cantidad de antocianinas, entre tanto que el litchi al momento de iniciar el trabajo ya encontraba en madurez de consumo.

Fenoles totales (mg ácido gálico/100 g)

En lo que se refiere al contenido de fenoles totales solo en los días 3 y 13 de almacenamiento se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 2), obteniendo mayor contenido de fenoles para los tratamientos a temperatura ambiente, lo anterior concuerda con lo reportado por Khalaf *et al.* (2008) quienes indican que la estabilidad de los compuestos fenólicos está en función de la temperatura de almacenamiento, luz y la disponibilidad de oxígeno, además, añade que en condiciones de temperatura ambiental, los fenoles tienden a mostrar un comportamiento poco uniforme aun en plantas de la misma especie.

Los resultados en este trabajo concuerdan con lo reportado por Polat y Caliskan (2011) al estudiar higos de cinco colores diferentes (verde, amarillo, púrpura, negro y marrón) encontraron que las accesiones de higos con piel negra tuvieron los niveles más altos de fenoles (rango de 69.1 a 220.0, promedio de 118.9 mg GAE/100 g).

En el día 3 de almacenamiento los tratamientos 2 (25 °C + Clamshell) y 4 (25 °C + Charola de unicel con pliofilm) que se encontraban a temperatura ambiente

alcanzaron los valores más altos en cuanto al contenido de fenoles se refiere (162.7 y 132.7 mg ácido gálico/100 g) respectivamente, contrastando así a los tratamientos 1 (1 °C + Clamshell) y 3 (1 °C + Charola de unicel con pliofilm) (103.5 y 97.5 mg ácido gálico/100 g) de manera correspondiente, con los resultados antes mencionados se puede observar un grado más avanzado de maduración en los tratamientos sin refrigeración. Un comportamiento similar ha sido mencionado por Zhang *et al.* (2008) quienes al estudiar la fresa china (*Myrica rubra* Sieb. and Zucc.) a diversas temperaturas de almacenamiento (0 °C y 20 °C) y estados de madurez (frutos inmaduros, frutos en madurez fisiológica y frutos en madurez de consumo) de manera general en todos los casos, encontraron que los fenoles y las antocianinas iban en aumento a medida que transcurría el tiempo de almacenamiento y alcanzaban el máximo contenido posterior a la madurez de consumo.

En el día 13 de almacenamiento, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, siendo los valores superiores en el tratamiento 4 (149.2 mg ácido gálico/100 g) contra los tratamientos 1, 2 y 3 (68.8, 77.7 y 62.0 mg ácido gálico/100 g) respectivamente, los cuales no mostraron diferencias entre ellos. Una cantidad pequeña de fenoles no siempre representa un grado menor de madurez, tal como lo señalan Zhang *et al.* (2008) indicando que justo después de haber alcanzado una alta cantidad de fenoles estos empiezan a disminuir, como una señal de senescencia, tal es el caso del tratamiento 2, que mostro en el día 13 de almacenamiento la misma cantidad de fenoles que los tratamientos en refrigeración. Respecto al tratamiento 4, en el último día de toma de datos presento valores superiores al tratamiento 2; el cual se encontraba almacenado a la misma temperatura, pero en diferente empaque, de acuerdo con Ávila- Rodríguez *et al.* (2007) y Franco-Tobón *et al.* (2016) la presencia de mayor contenido de humedad puede favorecer reacciones de degradación de algunos componentes entre ellos los fenoles, pero, además puede oxidar a estos, perjudicando así el contenido de los mismos, para este caso en particular al igual que en las antocianinas el envase adecuado es aquel que permita la salida de humedad.

Cuadro 2. Antocianinas y fenoles totales en higos variedad “Black Mission”, evaluados durante 17 días de almacenamiento para los tratamientos uno y tres, y 13 días de almacenamiento para los tratamientos dos y cuatro.

Tiempo (días)	0	3	5	7	9	11	13	15	17
Antocianinas (mg cianidina-3-glucósido/100g)									
1 °C + Clamshell		43.18 a ^z	39.55 a	41.43 a	44.29 a	66.89 a	39.50 ab	58.64 a	33.66 a
25 °C + Clamshell		33.37 a	57.56 a	41.64 a	64.22 a	64.49 a	66.39 ab		
1 °C + Charola de unicel con pliofilm	21.1	31.73 a	43.60 a	63.77 a	41.62 a	42.94 a	35.43 b	45.37 a	38.87 a
25 °C + Charola de unicel con pliofilm		41.33 a	59.68 a	44.60 a	52.30 a	32.65 a	73.19 a		
DMSH		21.07	50.66	50.38	56.10	83.46	35.14	97.23	89.29
Fenoles totales (mg ác. gálico/100g)									
1 °C + Clamshell		103.5 b	98.6 a	95.0 a	103.0 a	93.5 a	68.8 b	72.9 a	72.6 a
25 °C + Clamshell		162.7 a	122.2 a	93.6 a	104.5 a	97.1 a	77.7 b		
1 °C + Charola de unicel con pliofilm	101.6	97.5 b	92.3 a	74.6 a	75.6 a	74.9 a	62.0 b	99.6 a	82.5 a
25 °C + Charola de unicel con pliofilm		132.7 ab	97.7 a	90.8 a	90.0 a	124.1 a	149.2 a		
DMSH		54.19	53.36	61.15	61.37	49.70	53.87	51.05	88.11

DMSH: diferencia mínima significativa honesta. ^z Valores con la misma letra dentro de cada columna, no son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g)

De acuerdo con la comparación de medias (Cuadro 3), el contenido de vitamina C (ácido ascórbico) no presentó diferencias significativas durante la mayor parte del periodo de almacenamiento, a excepción del día 9, siendo los tratamientos con bajas temperaturas las que presentaron valores más bajos.

Irfan *et al.* (2013) al trabajar con higo variedad Poona almacenados a 1 °C, encontraron que hubo una disminución de 1.57 a 0.85 mg / 100 g desde el día 7 a 14, lo que concuerda con nuestros resultados, dado que al inicio del experimento se tenía 3.01 (mg ác. ascórbico/100 g), pero a partir del día 7 para el caso del tratamiento 1 y día 9 para el tratamiento 3 estas concentraciones fueron disminuyendo gradualmente. Nazmy *et al.* (2012) indica que el tiempo de almacenaje se asocia principalmente con la degradación de ácido ascórbico debido a los procesos de oxidación ocurridos durante el almacenaje.

Respecto al día 9 de almacenamiento, el tratamiento 2 (25 °C + Clamshell) fue superior a los demás; con 3.33, respecto a los tratamientos 1 (1 °C + Clamshell) y 3 (1 °C + Charola de unisel con pliofilm) que presentaron 2.93 y 2.89 (mg ác. ascórbico/100 g) respectivamente. Núñez-Castellano *et al.* (2012) al estudiar los efectos de la cubierta plástica sobre la conservación poscosecha de la fresa, encontraron que al final del período de almacenamiento, los frutos con envolturas plásticas, mostraron los valores más altos de ácido ascórbico, mientras que el tratamiento control (sin cubierta plástica) arrojó valores bajos, por esta razón se puede entender que respecto a los resultados obtenidos de ácido ascórbico; del tratamiento 2 (25 °C + Clamshell) en contraste con el tratamiento 4 (25 °C + Charola de unisel con pliofilm), el clamshell presenta mayor impermeabilidad, dado que ambos tratamientos se encontraban a la misma temperatura.

Firmeza (Newtons).

En lo que respecta a la firmeza se encontraron diferencias significativas en casi todas los días de almacenamiento, excepto en el día 9. De manera casi uniforme se presenta mayor firmeza en los tratamientos con refrigeración. Debido a que las bajas temperaturas minimizan la actividad metabólica del fruto, causando disminución de la actividad enzimática (Chiabrando *et al.*, 2009), menor pérdida de turgencia, mínima degradación de la pared celular y además una baja degradación natural de la lámina media (Morais *et al.*, 2008).

Cantín *et al.* (2011) con el fin de estudiar la vida de anaquel del higo, almacenaron frutos 7 días a 0 °C, después se retiraron de esta temperatura y se pusieron a 20 °C durante 4 días y la firmeza que se obtuvo fue en un rango de (11.9-14.7 N) y (5.4-6.6 N) respectivamente para la variedad 'Black Mission'. En nuestro trabajo a los 7 días de almacenamiento se obtuvieron valores en un rango de (7.1-9.6 N) para los tratamiento bajo refrigeración, entre tanto que a los 11 días de almacenamiento bajos las mismas condiciones se encontraron valores de 6.8 a 9.6 N.

En los tratamientos almacenados bajo refrigeración, en casi todos los días de almacenamiento (17 días) los frutos mostraron mayor firmeza que el dato inicial (7.64 N), este comportamiento en firmeza ha sido también observado en Agrad (Vaccinium meridionale Swartz) en donde se han obtenido leves incrementos de la firmeza en algunos muestreos a inicio del almacenamiento a 1 °C, aunque en general esta variable disminuyó durante los próximos días (Rincón-Soledad *et al.*, 2012).

En el día 11 de almacenamiento el tratamiento 3 (1 °C + Charola de unicel con pliofilm) fue superior al resto; incluso al tratamiento 1 (1 °C + Clamshell) remarcando que ambos se encontraban almacenados a la misma temperatura, mostrando un claro efecto del envase, Paniagua *et al.* (2013) indica que en arándano la pérdida

de humedad se describe como la principal causa de cambio de firmeza durante el almacenamiento.

Considerando los resultados obtenidos en el tratamiento 3 (10.61 N) y el tratamiento 1 (6.81 N) Villalobos *et al.* (2010) al trabajar con higos almacenados con diferentes tipos de películas, encontró que, la fruta envasada en películas microperforadas mostró una mejor firmeza al final del almacenamiento en frío, probablemente debido a la reducción de la respiración y la tasa de producción de etileno con bajo O₂ y alto CO₂, lo que causó el retraso del ablandamiento de la fruta (Almenar *et al.*, 2007; Crisosto *et al.*, 2011).

Los resultados respecto a firmeza obtenidos en este trabajo son superiores a los reportados por Crisosto *et al.* (2010) quienes obtuvieron 1.24 N en madurez comercial para la misma variedad que la nuestra.

Pérdida de peso

En este parámetro es fácil observar la mayor pérdida de peso en los tratamientos expuestos a temperatura ambiente: tratamiento 2 (25 °C + Clamshell) y tratamiento 4 (25 °C + Charola de unicel con pliofilm) en todos los días de almacenamiento presenta diferencias significativas respecto a aquellos que se sometieron a refrigeración: tratamiento 1 (1 °C + Clamshell) y tratamiento 3 (1 °C + Charola de unicel con pliofilm). Rincón-Soledad *et al.* (2012) encontraron que, en todos los días de almacenamiento del agraz, la temperatura ambiente ocasionó que se perdieran los atributos de la calidad comercial; entre ellos el peso y la firmeza, mientras que en refrigeración este tiempo se extiende considerablemente, siendo la baja temperatura una tecnología eficiente para disminuir la senescencia de los frutos (Téllez *et al.*, 2007).

Sin embargo, si se comparan los dos tratamientos a temperatura ambiente; se aprecia mejor permeabilidad por el clamshell en contraste con el unicel con pliofilm.

Núñez-Castellano *et al.* (2012) indican que el envase protege al fruto de pérdida de agua durante el almacenamiento, ya que tiene efecto positivo en el enriquecimiento de la atmosfera con CO₂, lo que disminuye los procesos respiratorios de la fruta y reduce el oxígeno, lo que se refleja en la menor pérdida de masa fresca.

Villalobos *et al.* (2010) señalan dos causas que ocasionan la pérdida de peso en higo: la respiración y las tasas de transpiración del agua. En los higos del cultivar 'Brown Turkey', informaron que la tasa de transmisión de vapor de agua más baja se observó en aquellas frutas envasadas con películas microperforadas. Este envase redujo drásticamente la pérdida de humedad, mientras que los higos envasados en película macroperforada mostraron una pérdida de peso del 19 % después de 21 días.

Baldoni *et al.* (2016) encontraron que para tratamiento control (los higos los lavaron con agua y almacenados a 1 °C) perdió sólo el 4.2 % a los 16 días de almacenamiento, estos datos son superiores a los encontrados en nuestro trabajo, al usar 1 °C + Charola de unicel con pliofilm.

Cuadro 3. Vitamina C, firmeza y pérdida de peso en higos variedad “Black Mission”, evaluados durante 17 días de almacenamiento para los tratamientos uno y tres, y 13 días de almacenamiento para los tratamientos dos y cuatro

Tiempo (días)	0	3	5	7	9	11	13	15	17
Vitamina C (mg ác. ascórbico/100g)									
1 °C + Clamshell	3.013	3.028 a	3.249 a	2.998 a	2.939 b	2.984 a	2.836 a	2.969 a	3.057 a
25 °C + Clamshell		3.072 a	3.367 a	3.042 a	3.337 a	3.175 a	3.013 a		
1 °C + Charola de unicel con pliofilm		3.042 a	3.057 a	3.087 a	2.895 b	3.131 a	2.807 a	2.910 a	2.851 a
25 °C + Charola de unicel con pliofilm		3.101 a	2.984 a	3.101 a	3.175 ab	3.116 a	3.042 a		
DMSH		0.2786	0.4975	0.2908	0.3123	0.4789	0.3338	0.1268	0.4951
Firmeza (N)									
1 °C + Clamshell	7.644	8.278 a	8.287 a	7.192 ab	7.616 a	6.816 b	7.543 a	8.466 a	7.829 a
25 °C + Clamshell		5.001 b	4.830 b	4.544 b	2.966 a	2.354 c	2.476 b		
1 °C + Charola de unicel con pliofilm		9.022 a	7.257 ab	9.684 a	7.600 a	10.616 a	8.131 a	7.461 a	5.761 a
25 °C + Charola de unicel con pliofilm		6.350 ab	6.660 ab	5.753 b	3.351 a	3.367 bc	4.217 b		
DMSH		3.108	2.566	3.80	5.189	3.794	2.651	5.340	3.996
Pérdida de peso (%)									
1 °C + Clamshell		0.36 c	1.00 c	1.87 c	2.45 c	3.25 c	4.20 c	5.21 a	6.12 a
25 °C + Clamshell		1.14 b	3.57 b	6.08 b	8.16 b	10.64 b	13.10 b		
1 °C + Charola de unicel con pliofilm		0.40 c	0.58 c	0.97 c	1.12 c	1.38 c	1.58 c	1.78 a	1.99 a
25 °C + Charola de unicel con pliofilm		2.42 a	7.60 a	12.96 a	17.11 a	22.10 a	27.31 a		
DMSH		0.36	1.02	1.42	1.85	2.440	3.076	5.69	5.50

DMSH: diferencia mínima significativa honesta. ^z Valores con la misma letra dentro de cada columna, no son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Evaluación sensorial

Respecto del análisis sensorial la textura y el color no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 4), Crisosto *et al.* (2011) señalan que, entre las propiedades sensoriales de los frutos, quizá sea el color es el más importante, ya que los consumidores establecen una clara relación entre el color y la calidad de un producto y además, es el primer atributo del producto que se aprecia.

También la textura del fruto es una cualidad muy importante, aunque a su vez es difícil de definir, ya que depende de un amplio rango de atributos. Las características más apreciadas de textura varían en función del tipo de fruto, aunque en general, para la mayoría de los frutos los consumidores prefieren una textura firme. En higos, los más aceptados están relacionados con la fruta entera y firme. (Dollahite *et al.*, 2007).

Cuadro 4. Textura y color en higos variedad “Black Mission”, evaluados durante 17 días de almacenamiento para los tratamientos uno y tres, y 13 días de almacenamiento para los tratamientos dos y cuatro.

Tiempo (días)	0	3	5	7	9	11	13	15	17
TEXTURA									
1 °C + Clamshell		5.0 a	5.0 a	4.7 a	4.7 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a
25 °C + Clamshell		5.0 a	5.0 a	4.3 a	3.3 a	3.7 a	2.7 a		
1 °C + Charola de unicel con pliofilm	5.0	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	4.7 a
25 °C + Charola de unicel con pliofilm		5.0 a	5.0 a	4.3 a	3.7 a	3.3 a	2.7 a		
DMSH		0	0	1.562	1.332	1.332	1.246	0	1.434
COLOR									
1 °C + Clamshell		4.3 a	4.0 a	3.7 a	4.7 a	4.3 a	4.2 a	4.4 a	4.8 a
25 °C + Clamshell		4.3 a	4.3 a	4.0 a	4.0 a	4.8 a	5.0 a		
1 °C + Charola de unicel con pliofilm	4.5	4.3 a	4.3 a	3.7 a	4.7 a	4.0 a	4.0 a	4.5 a	4.5 a
25 °C + Charola de unicel con pliofilm		4.7 a	4.7 a	4.5 a	4.3 a	3.8 a	5.0 a		
DMSH		1.825	1.562	0.849	1.332	1.079	1.224	0.430	1.897

DMSH: diferencia mínima significativa honesta. ^z Valores con la misma letra dentro de cada columna, no son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Para el caso de apariencia y vendibles no mostraron diferencias significativas en los primeros 5 días de almacenamiento, pero, a partir del día 7 de almacenamiento ambos parámetros mostraron diferencias significativas y de manera uniforme fueron mejores los tratamientos cuando se refrigeraron.

En el caso particular de la apariencia, a partir del día 7 de almacenamiento, mostro un patrón de comportamiento que de manera exacta se repitió hasta el día 13, en donde los tratamientos 2 (25 °C + Clamshell) y 4 (25 °C + Charola de unicel con pliofilm) los cuales se almacenaron a temperatura ambiente, mostraron valores inferiores a los tratamientos 1 (1 °C + Clamshell) y 3 (25 °C + Charola de unicel con pliofilm) almacenados bajo refrigeración, sin embargo, entre tratamientos de a la misma temperatura de almacenamiento, aunque en diferente empaque, no mostraron diferencias significativas entre ellos. Irfan *et al.* (2013) indican que una de las causas más comunes del deterioro de las frutas es una inadecuada temperatura de almacenamiento, y trae como consecuencias: la deshidratación, pérdida de peso, alteraciones en el color, pérdida de textura, picado de la superficie, pardeamientos, pérdida de acidez y deterioro microbiano, entre otros.

Para el caso de vendibles las diferencias significativas se hicieron notar a partir del día 7 de almacenamiento , en donde el tratamiento 2 (25 °C + Clamshell) fue inferior a los demás tratamientos, pero, para el día 9 no hubo diferencias significativas entre ellos, sin embargo, para los días 11 y 13, los tratamientos 1 y 3 fueron superiores al resto; sin mostrar diferencias entre ellos, no obstante, en estos días (11 y 13) el tratamiento 2 (25 °C + Clamshell) fue inferior al tratamiento 4 (25 °C + Charola de unicel con pliofilm) a temperatura ambiente, obteniendo mejores resultados con la charola de unicel y el pliofilm. Si bien, como se mostró en la variable pérdida de peso, el clamshell tiene mayor impermeabilidad, Valero y Serrano (2010) señalan que el mejor empaque es aquel que logra mediante su permeabilidad un adecuado balance entre la concentración de CO₂ y O₂, consiguiendo así mantener la firmeza durante más tiempo, así como la apariencia externa referente al color y brillo de la piel.

Solomon *et al.* (2006) indican que la apariencia comprende un gran número de factores que concurren durante el cultivo y comprenden la forma, tamaño y color, además definen la mejor apariencia, como: el índice de calidad destacable directamente relacionado con la ausencia de defectos. En donde la incidencia de defectos dependerá de diversos factores: biológicos (microorganismos, insectos y otros agentes biológicos que causan plagas y enfermedades); fisiológicos (como desequilibrios nutricionales y estado de maduración); culturales (clima, suelo, relaciones hídricas e intensidad luminosa); daños mecánicos y características genéticas.

Cuadro 5. Apariencia y vendibles en higos variedad “Black Mission”, evaluados durante 17 días de almacenamiento para los tratamientos uno y tres, y 13 días de almacenamiento para los tratamientos dos y cuatro.

Tiempo (días)	0	3	5	7	9	11	13	15	17
APARIENCIA									
1 °C + Clamshell	5.0	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a
25 °C + Clamshell		5.0 a	4.7 a	3.3 b	3.7 b	3.7 b	2.0 b		
1 °C + Charola de unicel con pliofilm		5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a
25 °C + Charola de unicel con pliofilm		5.0 a	5.0 a	4.0 b	4.0 b	3.7 b	2.0 b		
DMSH		0	0.816	0.816	0.816	1.246	1.413	0	0
VENDIBLES									
1 °C + Clamshell	5.0	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a
25 °C + Clamshell		5.0 a	4.7 a	3.7 b	4.0 a	3.0 b	1.3 c		
1 °C + Charola de unicel con pliofilm		5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a	5.0 a
25 °C + Charola de unicel con pliofilm		5.0 a	5.0 a	4.7 a	4.0 a	3.3 ab	2.3 b		
DMSH		0	0.816	0.942	1.825	1.825	0.942	0	0

DMSH: diferencia mínima significativa honesta. ^z Valores con la misma letra dentro de cada columna, no son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Para el caso de aroma y sabor (Cuadro 6), se encontraron diferencias significativas después del día 13 de almacenamiento, obteniendo mejores resultados en los tratamientos almacenados en refrigeración, Riu-Aumatell *et al.* (2004) indican que el aroma, junto con el sabor, son unas de las características organolépticas más atractivas de las frutas, y se debe a la composición química, sobre todo en lo referente al contenido en azúcares, ácidos orgánicos y compuestos volátiles será la determinante del sabor y del aroma, añadiendo que, las variaciones en estos componentes dependen de factores como el grado de maduración, entre otros, considerando así, que para el día 13 de almacenamiento, los frutos que se encontraban a temperatura ambiente ya no eran aptos para el consumo, mostrando una detención en el proceso de maduración en los frutos almacenados bajo refrigeración, lo que concuerda con lo señalado por Crisosto *et al.* (2011). Bremer (2008) indica que el estado de maduración es lo que más influye en la calidad del higo cuando se comercializa en fresco respecto a la aceptación por parte del consumidor.

Valero y Serrano (2010) señalan, la composición química, sobre todo en lo referente al contenido en azúcares, ácidos orgánicos y compuestos volátiles será la determinante del sabor y del aroma, y, por tanto, de vital importancia en la calidad gustativa, añadiendo que el porcentaje de aceptabilidad por parte del consumidor está directamente relacionado con el índice de maduración, que relaciona sólidos solubles totales con la acidez titulable.

En el porcentaje de aparición de hongos, en los tratamientos con bajas temperaturas no hubo presencia de estos en los 17 días de almacenamiento, caso contrario para los tratamientos que se encontraban a temperatura ambiente; estos presentaron hongos a partir del día 5, razón por la cual se desecharon a los 13 días de almacenamiento. Esto concuerda con Cantín *et al.* (2011) quienes indican que la mayoría de las alteraciones poscosecha que aparecen en los frutos están relacionadas con la temperatura de almacenamiento de estos, ya que muchas de las reacciones microbiológicas, físicas, bioquímicas y fisiológicas que contribuyen

al deterioro de la calidad de la fruta, son muy dependientes tanto de la temperatura como de la maduración.

En los días 7 y 13 en almacenamiento, de los tratamientos a temperatura ambiente, hubo mayor presencia de hongos en el empaque de clamshell; aun presentando mayor impermeabilidad, para este caso, la permeabilidad debe de mantener en adecuado balance la concentración de CO_2 y O_2 , Conte *et al.* (2009) indican que el efecto de la atmósfera modificada en fruta fresca, demuestran que los bajos niveles de oxígeno inhiben el crecimiento de la mayoría de microorganismos aerobios, que en su mayoría son responsables de la alteración y deterioro de la fruta fresca, aunque por otra parte, el crecimiento de microorganismos anaerobios, especialmente los psicotrofos, no se ve afectado por este bajo nivel de oxígeno, como se podía prever e incluso su crecimiento puede llegar a ser estimulado en estas atmósferas.

Cantín *et al.* (2011) señalan que la microflora natural de las frutas está formada principalmente por levaduras, mohos y, en menor grado, por bacterias. Ello se debe a los bajos valores de pH mostrados por las frutas, como consecuencia de los ácidos que poseen y a que las bacterias prefieren un pH neutro.

Cuadro 6. Aroma, sabor y presencia de hongos en higos variedad “Black Mission”, evaluados durante 17 días de almacenamiento para los tratamientos uno y tres, y 13 días de almacenamiento para los tratamientos dos y cuatro.

Tiempo (días)	0	3	5	7	9	11	13	15	17
AROMA									
1 °C + Clamshell	3.0	3.0 a	3.3 a	3.0 a	4.0 a	4.0 a	4.5 a	4.2 a	3.3 b
25 °C + Clamshell		3.0 a	3.3 a	4.0 a	4.3 a	3.5 a	1.7 b		
1 °C + Charola de unicel con pliofilm		3.0 a	3.0 a	3.0 a	3.3 a	3.5 a	3.8 a	4.2 a	4.2 a
25 °C + Charola de unicel con pliofilm		3.0 a	3.3 a	3.7 a	4.7 a	3.2 a	3.0 ab		
DMSH		0	1.4132	2.4478	2.2592	2.7969	2.1067	1.2421	0.7171
SABOR									
1 °C + Clamshell	3.0	3.0 a	4.3 a	4.7 a	4.7 a	4.0 a	4.7 a	4.5 a	4.5 a
25 °C + Clamshell		3.7 a	4.3 a	4.7 a	4.7 a	4.7 a	0.0 b		
1 °C + Charola de unicel con pliofilm		3.3 a	4.3 a	4.3 a	4.7 a	3.3 a	4.3 a	4.7 a	4.8 a
25 °C + Charola de unicel con pliofilm		3.7 a	4.3 a	4.7 a	4.7 a	4.3 a	1.3 b		
DMSH		1.5624	1.6319	1.4132	1.8245	1.9423	1.5624	0.7171	1.4342
PRESENCIA DE HONGOS (%)									
1 °C + Clamshell	0.0	0.0 a	0.0 a	0.0 b	0.0 a	0.0 a	0.0 b	0.0 a	0.0 a
25 °C + Clamshell		0.0 a	0.7 a	2.7 a	4.7 a	8.0 a	16.7 a		
1 °C + Charola de unicel con pliofilm		0.0 a	0.0 a	0.0 b	0.0 a	0.0 a	0.0 b	0.0 a	0.0 a
25 °C + Charola de unicel con pliofilm		0.0 a	0.3 a	0.7 ab	1.7 a	4.7 a	16.0 ab		
DMSH		0	1.5624	2.4927	6.7448	17.212	16.4	0	0

DMSH: diferencia mínima significativa honesta. ^z Valores con la misma letra dentro de cada columna, no son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Luminancia, pureza del color y ángulo de tono

En el caso del cuadro 7 se registran los datos tomados en el día 0, antes de cualquier tratamiento y en el cuadro 8 al momento de terminar el tratamiento, este último solo presentó diferencias estadísticamente significativas para el parámetro Ángulo de tono (Hue), con un valor inferior para el tratamiento de temperatura ambiente 25 °C en clamshell. Aunque los valores encontrados son muy inferiores a los reportados por Sozzi *et al.* (2005) quienes en el día 1 de almacenamiento encontraron valores de 94 y a los 19 días almacenados a 1 °C para el caso de ángulo de tono encontraron valores de 85.

Cuadro 7. Luminancia, pureza del color y ángulo de tono en higos variedad “Black Mission” a tres cuartos de madurez de consumo, evaluados antes de iniciar los tratamientos; a cero días de almacenamiento.

	Luminancia (L)	Pureza del color (Croma)	Ángulo de tono (Hue)
1 °C + Clamshell	22.30	8.45	58.25
25 °C + Clamshell	22.42	7.24	50.20
1 °C + Charola de unicel con pliofilm	20.94	7.63	56.70
25 °C + Charola de unicel con pliofilm	21.66	7.30	68.20

El tratamiento 2 (25 °C + Clamshell) fue el que presentó el valor más bajo en lo que al ángulo de tono (Hue) se refiere a los 13 días de almacenamiento, respecto a los demás tratamientos. Valero y Serrano (2010) indican que un buen empaque consigue mantener la firmeza durante más tiempo, así como la apariencia externa referente al color y brillo de la piel, con el entendido que a mayor concentración de CO₂ existe mayor degradación de los compuestos encargados del color. Aunado a la calidad del empaque, Khalaf *et al.* (2011) señalan que a temperatura ambiente los compuestos fenólicos pierden estabilidad y no hay uniformidad en estos a un en plantas de la misma especie.

Este decremento en el valor del ángulo de tono (Hue) que presentan los frutos del tratamiento 2, es producto de la senescencia como consecuencia de una maduración acelerada provocada por la temperatura ambiente, si bien se sabe que existe un incremento en la concentración de polifenoles en la maduración, también se ha descrito el descenso de los mismos durante las últimas etapas de maduración o en senescencia (Obreque-Slier *et al.*, 2010), lo que supone una pérdida del valor nutricional y funcional del producto

Cuadro 8. Luminosidad, pureza del color y ángulo de tono en higos variedad “Black Mission”, evaluados a 21 días de almacenamiento para los tratamientos uno y tres, y a 17 días de almacenamiento para los tratamientos dos y cuatro.

	Luminosidad (L)	Pureza del color (Croma)	Ángulo de tono (Hue)
1 °C + Clamshell	18.65 a	8.45 a	53.90 a
25 °C + Clamshell	26.31 a	7.28 a	43.10 b
1 °C + Charola de unicel con pliofilm	19.80 a	7.65 a	61.36 a
25 °C + Charola de unicel con pliofilm	22.58 a	7.53 a	56.08 a
DMSH	6.84	3.68	10.35

DMSH: diferencia mínima significativa honesta. ^z Valores con la misma letra dentro de cada columna, no son diferentes estadísticamente de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

V.- CONCLUSIONES

El uso de bajas temperaturas permitió mantener en buen estado los frutos; incluso a 17 días de almacenamiento, caso contrario a lo ocurrido a los higos almacenados a temperatura ambiente; a tal grado que fue necesario interrumpir la toma de datos a 13 días de almacenamiento. También se observó una menor reducción en los cambios en la firmeza y pérdida de peso por el uso de refrigeración, así como la estabilidad de las características consideradas en la escala hedónica.

Los fenoles y las antocianinas aumentan a medida que avanza la madurez, y alcanzan el máximo contenido posterior a la madurez de consumo. Además, para estos casos, el mejor empaque, no es el que presente mayor impermeabilidad, sino aquel que mantenga un balance de gases, dado que la presencia de mayor contenido de humedad puede favorecer reacciones de degradación de algunos componentes entre ellos los fenoles.

Los contenidos de vitamina C (ácido ascórbico) fueron afectados por las bajas temperaturas de almacenamiento, caso contrario la firmeza y la pérdida de peso; que mostraron una respuesta satisfactoria a 1°C. Para estos parámetros, la mayor permeabilidad que mostró el clamshell respecto a la charola de unicel con pliofilm fue satisfactoria, caso contrario a lo que sucede en los fenoles y antocianinas.

El mas alto contenido de antocianinas y fenoles se obtuvo con la charola de unicel con pliofilm por su alta permeabilidad, mientras que la menor pérdida de peso y firmeza se obtiene con el clamsell por su impermeabilidad.

VI- LITERATURA CITADA

- Almenar E, Del-Valle V, Hernández-Muñoz P, Lagarón JM, Catalá R and Gavara R. (2007). Equilibrium modified atmosphere packaging of wild strawberries. *J Sci Food Agric* 87: 1931–1939.
- AOAC. 1998. Official Methods of Analysis. Association Official Analytical Chemist. Washington D.C
- Artés, F. (2006). El envasado en atmósfera modificada mejora la calidad de consumo de los productos hortofrutícolas intacto y mínimamente procesado en fresco. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 7: 61-85.
- Ávila Rodríguez, H., Cuspoca Riveros, J., Fischer, G., Ligarreto Moreno, G., & Quicazán de Cuenca, M. (2007). Caracterización fisicoquímica y organoléptica del fruto de agraz (*vaccinium meridionale swartz*) almacenado a 2 °C. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 60(2), 4179-4193. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24466>
- Baldoni, D., Ventura-Aguilar, R., Hernández-López, M., Corona, M., Barrera-Necha, L., Correa-Pacheco, Z. y Bautista-Baños, S. (2016). Calidad postcosecha de higos 'black mission' tratados con cubiertas naturales. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 17 (2): 267-275. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81349041014>
- Bourne M., C. 1980. Texture evaluation of horticultural crops. *Hort–science* 15(1):51–57.
- Bouzo, C., Travadelo, M., Gariglio, N.F. (2012). The effect of different packaging materials on postharvest quality of fresh fig fruit. *Int. J. Agr. Biol. Eng.* 14, 821– 825.
- Bradford, P.G. y Awad, A.B. (2007). Phytosterols as anticancer compounds. *Molecular Nutrition and Food Research* 51: 161–170.
- Bremer, V. (2008). Use of preharvest ethephon applications to reduce breba crop load and postharvest performance evaluations of fresh fig (*Ficus carica* L.) varieties/selections. MS thesis, Calif. State Univ., Fresno, CA.
- Cantín, C. M, Palou, L., Bremer, V., Michailides, T. J., Crisosto C. H. (2011). Evaluation of the use of sulfur dioxide to reduce postharvest losses on dark and green figs. *Postharvest Biol. Technol.* 59, 150-158.
- Conte, A., Scrocco, C., Lecce, L., Mastromatteo, M., Del Nobile, M.A. (2009). Ready-to-eat sweet cherries: Study on different packaging systems. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10: 564-571.
- Coviello, R., Bentley, W., Michailides, T., Ferguson, L. & Westerdahl, B., (2009). UC Statewide Integrated Pest Management Program. *Pest management guidelines: fig*. Publication 3447.
- Crisosto C.H., Ferguson L., Bremer V., Stover E., and Colelli G. (2011). Fig (*Ficus carica* L.). in: E.M. Yahia (ed.) *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. E.M. Yahia (ed.), Volume 3: Cocona to mango. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition: no. 208. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK. pp: 1 34-158

- Crisosto, C, Kader, A.A., (2007). Figs. Postharvest quality maintenance guidelines. Postharvest information for fruits and fruits. URL <http://www.uckae.edu/postharv>.
- Crisosto, C.H., Bremer, V., Ferguson, L., Crisosto, G.M. (2010). Evaluating quality attributes of four fresh fig (*Ficus carica* L.) cultivars harvested at two maturity stages. *HortScience* 45, 707–710.
- Crisosto, C.H., Kader A.A., (2004). Fig. In the Commercial Storage of Fruits, Vegetables, Florist, and Nursery Stocks, pp 66. Gross K, ed. ARS-USDA Handb.
- Daayf, F. y Lattancio, V. (2008). Recent Advances in Polyphenol Research. Chichester: Blackwell Publishing Ltd.
- Del Caro, A., & Piga, A. (2008). Polyphenol composition of peel and pulp of two Italian fresh fig fruits cultivars (*Ficus carica* L.). *European Food Research and Technology*, 226, 715-719.
- Dueñas, M., Pérez-Alonso, J.J., Santos-Buelga, C., Escrinano-Bailón, T. (2008). Anthocyanin composition in fig (*Ficus carica* L.). *J. Food Comp. Anal.* 21, 107–115.
- Erkan, M. y Kader, A.A. (2011). Pomegranate (*Punica granatum* L.). In: Yahia, E.M. (Ed.), *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. Wood-head Publishing, New York, pp. 287–311.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1987. Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Tecnología Postcosecha 7. 87 p. Santiago, Chile. FAO.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2014. FAOSTAT Producción agrícola [online]. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/636/DesktopDefault.aspx?PageID=636#ancor> (Acceso: 14 mayo 2018).
- Flaishman, M.A., Rodov, V. y Stover, E. (2008). The fig: botany, horticulture and breeding. *Hort. Rev.* 34: 132–196.
- Franco-Tobón, Yuly Nataly, Rojano, Benjamín, Alzate-Arbeláez, Andrés Felipe, Restrepo-Florez, Claudia Estela, Rivero-Barrios, Diana Marsela, & Maldonado-Celis, María Elena. (2016). Efecto del tiempo de almacenamiento sobre propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de productos derivados del fruto agraz (*Vaccinium meridionale swartz*). *Vitae*, 23(3), 184-193. <https://dx.doi.org/10.17533/udea.vitae.v23n3a04>
- Gimeno Creus, E. (2004). Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud. *Farmacia y Salud, Oficina de Farmacia*, 23: 80-84.
- Howitt, C. A., y Pogson, B. J. (2006). Carotenoid accumulation and function in seeds and non-green tissues. *Plant Cell and Environment*, 29: 435–445.
- Irfan, P.K., Vanjakshic, V., Keshava Prakasha, M.N., Ravie, R. and Kudachikara, V.B. (2013). Calcium chloride extends the keeping quality of fig fruit (*Ficus carica* L.) during storage and shelf-life. *Postharvest Biol. Technol.* 82, 70–75.
- Kalt, W., Howell, A., Duy, J.C., Forney, C.F. y McDonald, J.E. (2001). Horticultural factors affecting capacity of blueberries and other small fruit. *HortTechnol.* 114: 523-528.

- Karabulut, O.A., Ilhan, K., Arslan, U., Vardar, C. (2009). Evaluation of the use of chlorine dioxide by fogging for decreasing postharvest decay of fig. *Postharvest Biol. Technol.* 52, 313–315.
- Kartal, S., Aday, M.S., Caner, C., (2012). Use of microperforated films and oxygen scavengers to maintain storage stability of fresh strawberries. *Postharvest Biol. Technol.* 71, 32–40.
- Khalaf, A. N., Skakya, A. K., Al-Othman, A., El-Agbar, Z. and Farah, H. (2008). Antioxidant activity of some common plants. *Turkish Journal of Biology* 32: 51-55.
- Kong, M., Lampinen, B., Shackel, K. & Crisosto C.H. (2013). Fruit skin side cracking and ostiole end splitting shorten postharvest life in fresh figs (*Ficus carica* L.) but are reduced by deficit irrigation. *Postharvest Biology and Technology* 85, 154–161
- Lee, S.W.; Lee, J.H. (2009). Effects of oven-drying, roasting, and explosive puffing process on isoflavone distribution in soybeans. *Food Chem.* 112, 316–320.
- Medina, E. (14 de septiembre de 2017). Cosecha de higo blanco, un tesoro en el desierto. El sol de México. Recuperado de <http://www.elsoldemexico.com.mx/cultura/gastronomia/cosecha-de-higo-blanco-un-tesoro-en-el-desierto-253444.html>
- Miura, Y., K. Kondo, T. Saito, H. Shimada, P.D. Fraser y N. Misawa. (1998). Production of carotenoids lycopene, 13-carotene and astaxanthin in the food yeast *Gandiva* of *S. cerevisiae*. *Appl. Environ. Microbiol.* 64:1226.
- Núñez-Castellano, K., Castellano, G., Ramírez--Méndez, R., Sindoni, M., Marin R., C. (2012). Efecto del cloruro de calcio y una cubierta plástica sobre la conservación de las propiedades organolépticas de la fresa (*fragaria x ananassa* Duch). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13 (1), 21-30.
- Obreque-Slier, E., Pena-Neira, A., Lopez-Solis, R., Zamora-Marin, F., Ricardo-da Silva, J.M. y Laureano, O. (2010). Comparative study of the phenolic composition of seeds and skins from Carmenere and Cabernet Sauvignon grape varieties (*Vitis vinifera* L.) during ripening. *J. Agric. Food Chem.* 58: 3591-3599.
- Oliveira, M., Usall, J., Vinas, I., Anguera, M., Gatiús, F., y Abadías, M. (2010). Microbiological quality of fresh lettuce from organic and conventional production. *Food Microbiology*, 27: 679-684.
- Paniagua, A.C., East, A.R., Hindmarsh, J.P., Heyes, J.A. (2013). Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. *Postharvest Biol. Technol.* 79, 13–19.
- Paul V.; Pandey R. and Girish C. S. (2012). The fading distinctions between classical patterns of ripening in climacteric and non-climacteric fruit and the ubiquity of ethylene: An overview. *Journal of Food Science and Technology*. 49(1):1–21.
- Piñero, Z. (2005). Desarrollo de nuevos métodos de extracción para el análisis de compuestos de interés enológico. Tesis doctoral. Universidad de Cádiz.
- Polat, A.A., Caliskan, O. (2010). Phytochemical and antioxidant properties of selected fig (*Ficus carica* L.) accessions from the eastern Mediterranean region of Turkey. *Scientia Horticulturae* 128. 473–478.

- Rincón Soledad, M., Buitrago Guacaneme, C., Ligarreto Moreno, G., Torres Aponte, W., & Balaguera López, H. (2012). Comportamiento del Fruto de Agroz (Vaccinium meridionale Swartz) Cosechado en Diferentes Estados de Madurez y Almacenado en Refrigeración. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 65(2). Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/36863/46731>
- Riu-Aumatell, M., Castellari, M., López-Tamames, E., Galassi, S., y Buxaderas, S., (2004). Characterisation of volatile compounds of fruit juices and nectars by HS/SPME and GC/MS. Food Chemistry, 87: 627–637.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2018). Consultado 09-05-2018 en <http://www.sagarpa.gob.mx/>
- Serrano, M., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D. (2006). Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as affected by modified atmosphere packaging. Postharvest Biol. Technol. 39, 61–68.
- Servicio De Información Agroalimentaria Y Pesquera (SIAP). 2017. Cierre de la producción agrícola por municipio. A, cíclicos y perennes 2015, modalidad: riego + temporal. Consulta del 02 de abril, 2018, en línea: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
- Slatnar A, Klancar U, Stampar F, Veberic R. (2011). Effect of drying of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugar, organic acids, and phenolic compounds. J. Agric. Food Chem; 59:11696-11702.
- Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H.E., Altman, A., Kerem, Z., Flaishman, M.A. (2006). Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). J. Agric. Food Chem. 54 (20), 7717–7723.
- Souza, M., Jemni, M., Otón, M., Leonel, S., Melgarejo, P., Artés, F. (2013). Caracterización morfológica, química y sensorial de cuatro variedades de brevas. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 14 (1), 48-52.
- Sozzi, G.O, Abraján-Villaseñor M.A, Trinchero G.D and Fraschina A.A. (2005). Postharvest response of 'Brown Turkey' figs (*Ficus carica* L.) to the inhibition of ethylene perception. J Sci Food Agric. 85: 2503–2508
- Tomás-Barberán, F. A., Gil M.I., Cremin, P. Waterhouse, A. L. y Hess-Pierce, B, Kader. A.A. (2001). HPLD-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. Journal Agriculture Food Chemistry. 49: 4748- 4760.
- Valero, D., Serrano, M. (2010). Changes in Fruit Quality Attributes During Handling, Processing, and Storage. In Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality. CRC Press, Boca Raton, FL.1, pp 49-65.
- Valle-Guadarrama, S., Alonso-Campos, A., Alia Tejacal, I. (2008). Atmósferas con bajo O₂ y alto CO₂ para la conservación de frutos de litchi. Revista Fitotecnia Mexicana, 31 (2), 157-164.
- Vallejo, F., Marín, J., Tomás-Barberán, F.A. (2012). Phenolic compound content offresh and dried figs (*Ficus carica* L.). Food Chem. 130 (3), 485–492.
- Veberic, R., Colaric, M., & Stampar, F. (2008). Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. Food Chemistry, 106, 153-157.

- Villalobos MdC, Serradilla MJ, Martín A, Ruiz-Moyano S. Pereira C, and Córdoba MG. (2014). Use of equilibrium modified atmosphere packaging for preservation of 'San Antonio' and 'Banane' breba crops (*Ficus carica* L.). *Postharvest Biol Technol* 98:14–22.
- Vinson, J. A. 1999. The functional food properties of figs. *Cereal foods World* 44(2): 82-87.
- Waterman P G, S Mole (1994) Analysis of Phenolic Plant Metabolites. *Methods in Ecology*. Blackwell Scientific Publications. Oxford, UK. 238 p.
- Xanthopoulos G, Koronaki ED and Boudouvis AG. (2012). Mass transport analysis in perforation-mediated modified atmosphere packaging of strawberries. *J Food Eng* 111: 326–335.
- Zhang, W., Li, X., Zheng, J., Wang, G., Sun, C., Ferguson, I., Chen, K. (2008). Bioactive components and antioxidant capacity of Chinese bayberry (*Myrica rubra* Sieb. and Zucc.) fruit in relation to fruit maturity and postharvest storage. *Eur Food Res Technol* 227: 1091-1097. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0824-z>.