



Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio  
Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado de Puebla

**ASUNTO:** Aprobación de Trabajo de Titulación.  
Acatlán de Osorio, Pue., a 26 de Agosto de 2022.

**I.I.A. ELEODORO GABILÁN LINARES**  
**JEFE DE DIVISIÓN DE LA CARRERA DE**  
**INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**  
**P R E S E N T E.**

Por este medio hago de su conocimiento que el documento bajo el esquema: **OPCIÓN: TESIS PROFESIONAL**, que lleva por nombre **“Efecto del metil jasmonato y recubrimientos con hidrocoloides sobre la calidad postcosecha de pitayas de mayo (Stenocereus Griseus)”**, que presenta la candidata a Titulación: **C. SAMARA SANCHEZ BRAVO** con número de control **170812023** de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias, fue revisada y aprobada para su impresión por la comisión revisora conformada por: **M.I.A. ERIKA LÓPEZ ARANDA, MC. VÍCTOR INOCENCIO PACHECO CONTRERAS y M.I.A. ANABEL ROMERO CRUZ.**

Sin más por el momento, quedo de usted.

**A T E N T A M E N T E**

**“CONOCIMIENTO COMO GUÍA DEL DESARROLLO”**

**ING. GABRIELA FORTUNATA LARA RUIZ**  
**PRESIDENTE DE ACADEMIA DE LA CARRERA**  
**DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Vo. Bo.

M.I.A. ERIKA LÓPEZ ARANDA

Vo. Bo.

M.C. VICTOR INOCENCIO  
PACHECO CONTRERAS

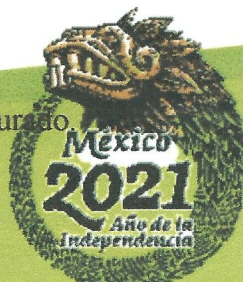
Vo. Bo.

M.I.A. ANABEL ROMERO CRUZ

c. c. p.-Archivo.



**ASUNTO:** Propuesta de Jurado  
CARRETERA ACATLÁN-SAN JUAN IXCAQUIXTLA  
K.M. 5.5.UNIDAD TECNOLÓGICA  
ACATLÁN DE OSORIO, PUEBLA, C.P. 74949  
Tels. (953) 53.41877 y 53.41878  
e-mail: direccion.general@itsao.edu.mx  
www.itsao.edu.mx





*Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio*

**SEP TecNM**

**DIVISIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**OPCIÓN**

*“Tesis”*

**Proyecto**

**“Efecto del metil jasmonato y recubrimientos con hidrocoloides sobre la calidad postcosecha de pitayas de mayo (*stenocereus griseus*)”**

**Que para obtener el título de:**

*Ingeniero en Industrias Alimentarias*

**Presenta**

*Samara Sánchez Bravo*

**170812023**

**Acatlán de Osorio, Pue., Septiembre de 2022**

## 1. GRADECIMIENTOS

A mi asesora la M.I.A **Erika López Aranda**, por el apoyo, confianza y tiempo que me brindo para llevar a cabo el desarrollo de esta tesis, por los momentos de alegría y los consejos sabios.

También a cada uno de mis maestros, **la M.I.A, Anabel Romero Cruz, la ING. Gabriela Lara Ruiz. el M.C. Víctor Pacheco Contreras y al ING. Carlos Eddy Martínez Fuentes**, que me brindaron parte de su sabiduría en las diferentes asignaturas en esta instancia institucional, motivándome a seguir, resolviendo cada una de mis dudas, además de regalarme momentos de convivencia que será un recuerdo en mi vida.

A si mismo agradezco a cada uno de mis familiares que pusieron su granito de arena, para hacer cumplir esta meta.

Finalmente agradezco a mis compañeros, **Karla, Alma, Iridiam, Berenice, Cintia, Sayuri, Lizbeth, y Zaira** por las experiencias vidas que siempre quedaran grabadas en mi memoria, además del apoyo incondicional y el cariño.

*“Siempre que quieras hacer algo y te de miedo, hazlo con miedo, pero hazlo. la vida se encargará de darle respuestas”*

## 2. DEDICATORIAS

Agradecida con **Dios** por siempre acompañarme en cada paso, regalándome días de vida que son nuevas oportunidades para seguir adelante y no darme por vencida

A mi abuelita **Pilar Bravo Rivera** por ser mi motivación en todo momento, por brindarme los valores, la disciplina, así como la confianza plena en mí.

A mi **Madre** por apoyarme con los recursos necesarios en mi instancia de estudios y a mi **hermano** por ser parte de mis pilares y no dejarme caer.

### 3. INDICE

1. AGRADecIMINTOS.....	III
2. DEDICATORIAS.....	IV
3. INDICE .....	V
4. INDICE DE TABLAS.....	X
5. INDICE DE FIGURAS.....	XI
6. LISTA DE SIMBOLOS Y/O ABREVIATURAS.....	XIII
7. RESUMEN.....	XV
8. ABSTRAC.....	XVII
9. INTRODUCCIÓN.....	1
10. OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	4
10.1. Objetivo general .....	4
10.2. Objetivos específicos.....	4
10.3. Hipótesis.....	4
11. REVISION DE LITERATURA .....	5
11.1. Origen y distribución.....	5
11.2. Usos de la pitaya .....	5
11.3. Morfología y taxonomía.....	6
11.4. Condiciones climáticas.....	7
11.5. Especies y variedades de pitayas.....	7

11.6.	Composición química de la pitaya de mayo ( <i>Stenocereus griceus</i> ).....	13
11.7.	Producción de la pitaya .....	14
11.8.	Exportación .....	15
11.9.	Problemas que afectan la calidad de la pitaya.....	16
11.9.1.	Mecánico .....	16
11.9.2.	Fisiológico .....	16
11.9.3.	Aspectos fitosanitarios.....	16
11.10.	Daño mecánico / físico.....	17
11.11.	Daño por frío (DF) .....	17
11.12.	Respuestas al daño por frío .....	17
11.12.1.	Tratamientos químicos.....	18
11.12.2.	Tratamientos térmicos.....	18
11.12.3.	Tratamientos gaseosos .....	18
11.13.	Cambios físicos y químicos durante la maduración.....	19
11.13.1.	Cambios en el color extremo .....	19
11.13.2.	Contenido de pulpa o de jugo .....	19
11.13.3.	Consistencia .....	20
11.13.4.	Contenido de azúcar.....	20
11.14.	Pérdida de peso.....	20
11.15.	Acción del etileno.....	21

11.16.	Tratamientos físicos .....	21
11.17.	Tratamientos térmicos .....	22
11.18.	Bajas temperaturas .....	22
11.18.1.	Tratamientos químicos.....	23
11.19.	Jasmonatos .....	24
11.20.	Biosíntesis de jasmonatos.....	24
11.21.	Papel que juega el Metil Jasmonato al daño por frío .....	25
11.22.	Recubrimientos comestibles.....	26
11.22.1.	Composición de los recubrimientos comestibles.....	26
11.22.2.	Ventajas .....	27
11.23.	Pectina .....	27
11.24.	Carboxilmetilcelulosa.....	28
<b>12.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
12.1.	Localización del sitio experimental.....	29
12.2.	Obtención de frutos de pitaya de mayo ( <i>Stenocereus griseus</i> ) .....	29
12.3.	Preparación de soluciones de metil jasmonato (MJ).....	30
12.4.	Preparación de recubrimientos elaborados con hidrocoloides .....	30
12.5.	Acondicionamiento de las muestras.....	31
12.6.	Aplicación del metil jasmonato (MJ) sobre los frutos .....	33

12.7.	Aplicación de recubrimientos con hidrocoloides a los frutos de pitaya ( <i>Stenocereus griseus</i> )	33
12.8.	Diseño experimental.....	33
12.9.	Unidad experimental .....	39
12.10.	Análisis de datos.....	39
12.11.	Análisis fisicoquímicos .....	40
12.11.1.	Pérdida de peso .....	40
12.11.2.	Acidez titulable .....	41
12.11.3.	pH.....	42
12.12.	Sólidos Solubles Totales (SST).....	42
13.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	43
13.1.	Evaluación de propiedades físicas de frutos tratados con MJ y recubrimientos elaborados con hidrocoloides almacenados a dos temperaturas de refrigeración. ....	43
13.1.1.	Evaluación física de frutos tratados con MJ refrigerados a 5°C.....	43
13.1.2.	Evaluación física de frutos tratados con MJ refrigerados a 12 °C.....	44
13.1.3.	Evaluación física en frutos tratados con recubrimientos elaborados con hidrocoloides refrigerados a 5 °C y 12°C.....	45
13.2.	Análisis fisicoquímicos en frutos tratados con MJ y recubrimientos elaborados con hidrocoloides.....	46
13.3.	Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de soluciones de metil jasmonato (MJ) sobre la pérdida de peso.....	46



13.4.	Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de soluciones de metil jasmonato (MJ) sobre la acidez titulable (At).....	48
13.5.	Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de soluciones de metil jasmonato (MJ) sobre los sólidos solubles totales (SST) .....	51
13.6.	Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de soluciones de metil jasmonato (MJ) sobre el PH.....	53
13.7.	Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de recubrimientos elaborados con hidrocoloides sobre la pérdida de peso en frutos de pitaya de mayo ( <i>Stenocereus griseus</i> ) .....	55
13.1.	Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de recubrimientos elaborados con hidrocoloides sobre la acidez en frutos de pitaya de mayo ( <i>Stenocereus griseus</i> ) .....	57
13.1.	Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de recubrimientos elaborados con hidrocoloides sobre los sólidos solubles totales (SST) en frutos de pitaya de mayo ( <i>Stenocereus griseus</i> ) .....	59
13.2.	Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y recubrimiento con hidrocoloides sobre el pH en frutos de pitaya de mayo ( <i>Stenocereus griseus</i> ) .....	61
14.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	64
15.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	65
16.	<b>REFERENCIAS</b> .....	66

#### 4. INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la pitaya del género ( <i>Stenocereus</i> ) .....	6
Tabla 2 Clasificación de las diferentes especies y variedades de pitayas .....	8
Tabla 3 Composición porcentual en base seca del fruto íntegro y de la pulpa de ( <i>S. griseus</i> )..	13
Tabla 4 Formulación de recubrimientos elaborados con hidrocoloides. ....	31
Tabla 5 Esquema experimental debido a dos temperaturas de conservación. ....	32
Tabla 6 Arreglo experimental de los diferentes tratamientos con MJ .....	34
Tabla 7 Arreglo experimental de los diferentes tratamientos con Pectina .....	36

## 5. INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Pitayo ( <i>S. griceus</i> ).....	7
Figura 2 Gráfica de la producción, cosecha y valor de producción de la pitaya en 2020. ....	15
Figura 3 Biosíntesis del Jasmonato. Ruta de los ácidos actadienicos (18:3) que describe la formación de ácido jasmónico y Metil Jasmonato a partir de fosfolípidos de membrana. (Jordan y Casaretto, 2006).....	25
Figura 4 . Pitaya ( <i>Stenocereus griseus</i> ).....	29
Figura 5 Preparación de las soluciones de MJ.....	30
Figura 6 Preparación de los recubrimientos con hidrocoloides.....	31
Figura 7 Secado de los frutos de pitaya ( <i>Stenocereus griseus</i> ). ....	32
Figura 8 Peso directo por unidad de frutos.....	40
Figura 9 Determinación de Acidez titulable.....	41
Figura 10 Evaluación física de frutos tratados con MJ a los 16 días de almacenamiento: a) MJ a $10^{-6}$ M; b) MJ a $10^{-4}$ M .....	44
Figura 11 Evaluación física de frutos tratados con MJ a los 12 días de almacenamiento MJ: a) MJ a $10^{-4}$ M; b) MJ a $10^{-6}$ M .....	45
Figura 12 Evaluación física de frutos tratados con recubrimientos elaborados con hidrocoloides: I) Frutos refrigerados a 5°C con recubrimiento 1 (A) y 3 (B); II) Frutos refrigerados a 12°C con recubrimiento 1 (A) y 3 (B).....	46
Figura 13 Valores de media de cuadrados mínimos de la pérdida de peso de pitayas de mayo ( <i>Stenocereus griseus</i> ) debido al tiempo, concentración de Metil jasmonato (MJ) y temperatura de almacenamiento. ....	48

Figura 14 Valores de media de cuadrados mínimos de la acidez de pitayas de mayo ( <i>Stenocereus griseus</i> ) debido al tiempo, concentración de metil jasmonato (MJ) y temperatura de almacenamientos.....	50
Figura 15 Valores de media de cuadrados mínimos de los sólidos solubles (°Brix) de pitayas de mayo ( <i>Stenocereus griseus</i> ) debido al tiempo, concentración de metil jasmonato (MJ) y temperatura de almacenamientos.....	52
Figura 16 Valores de media de cuadrados mínimos del pH de pitayas de mayo ( <i>Stenocereus griseus</i> ) debido al tiempo, concentración de metil jasmonato (MJ) y temperatura de almacenamiento.....	54
Figura 17 Valores de media de cuadrados mínimos de la pérdida de peso de pitayas de mayo ( <i>Stenocereus griseus</i> ) debido al tiempo, concentración de hidrocoloides y temperatura de almacenamientos. ....	57
Figura 18 Valores de media de cuadrados mínimos de la Acidez titulable de pitayas de mayo ( <i>Stenocereus griseus</i> ) debido al tiempo, concentración de hidrocoloides y temperatura de almacenamientos. ....	59
Figura 19 Valores de media de cuadrados mínimos de los sólidos solubles totales (°Brix) de pitayas de mayo ( <i>Stenocereus griseus</i> ) debido al tiempo, concentración de hidrocoloides y temperatura de almacenamientos.....	61
Figura 20 Valores de media de cuadrados mínimos del PH de pitayas de mayo ( <i>Stenocereus griseus</i> ) debido al tiempo, concentración de hidrocoloides y temperatura de almacenamientos. ....	63

## 6. LISTA DE SIMBOLOS Y/O ABREVIATURAS

<b>%</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>°</b>	<b>Grados</b>
<b>°C</b>	<b>Grados centígrados</b>
<b>AJ</b>	<b>Ácido Jasmonico</b>
<b>µL</b>	<b>Microlitros</b>
<b>G</b>	<b>Gramos</b>
<b>H</b>	<b>Horas</b>
<b>L</b>	<b>Litros</b>
<b>M</b>	<b>Molar</b>
<b>Min</b>	<b>Minutos</b>
<b>MI</b>	<b>Mililitros</b>
<b>°Bx</b>	<b>Grados Brix</b>
<b>pH</b>	<b>Potencial de hidrogeno</b>
<b>MJ</b>	<b>Metil jasmonato</b>
<b>p/p</b>	<b>peso de soluto/peso de una solución</b>
<b>p/v</b>	<b>peso/volumen</b>
<b>Ppm</b>	<b>partes por millón</b>
<b>Ton</b>	<b>Tonelada</b>
<b>Ha</b>	<b>Hectárea</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>Dióxido de carbono</b>
<b>DF</b>	<b>Daños por frío</b>
<b>O<sub>2</sub></b>	<b>Oxígeno</b>

**CMC**

**Carboximetilcelulosa**

**°T**

**Temperatura**

**N**

**Normal**

**SST**

**Sólidos solubles totales**

## 7. RESUMEN

Esta investigación tuvo como propósito evaluar el efecto de recubrimientos con hidrocoloides y metil jasmonato sobre las propiedades fisicoquímicas de frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) durante su manejo post cosecha almacenadas a temperaturas de 5 y 12°C por un periodo de 20 días. Para ello, se empleó un diseño factorial (AxBxC), con tiempo de almacenamiento, concentración (MJ y pectina) y temperatura; como factores y pérdida de peso, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable y pH como variables de respuesta. Se encontró efecto significativo debido a la interacción entre tiempo – temperatura con la concentración de MJ como con pectina sobre pérdida de peso, acidez titulable, sólidos solubles totales y pH. Frutos que fueron almacenados durante 16 días a una temperatura de 5°C presentaron menor pérdida de peso con un promedio de 21.1675 g, así como aquellos frutos que fueron tratados con MJ a  $1 \times 10^{-6}$  M y almacenados a una temperatura de 5°C presentaron menor pérdida de peso con un promedio de 14.8833 g. En cuanto a porcentaje de acidez, frutos que fueron tratados a una concentración de MJ  $1 \times 10^{-6}$  M y refrigerados a una temperatura de 5°C con un periodo de almacenamiento de 16 días presentaron menor porcentaje de acidez con un promedio de 6.8267. Efecto similar fue encontrado en la SST y pH, frutos tratados con MJ a concentración de  $1 \times 10^{-6}$  M refrigerados a 5°C por 12 días presentaron una concentración promedio de SST de 9.4°Brix además frutos tratados con MJ a una concentración de  $1 \times 10^{-6}$  M refrigerados a 5°C por 16 días presentaron un valor promedio de pH de 5.37667 similar al pH inicial del fruto (5.59), característica deseable en el experimento con la finalidad de conservar el sabor de la pitaya. Efecto similar fue encontrado al evaluar concentración de pectina, donde frutos que fueron tratados con recubrimiento 3 compuesto con 2% de pectina, 0.4% de CMC, 0.3% de glicerol y 97.3% de agua y almacenados a una temperatura de 5°C presentaron menor pérdida de peso con un

promedio de 11.4042 g este resultado indica que la concentración y temperatura de refrigeración influye en la pérdida de peso del fruto, mientras que en acidez, frutos que fueron tratados con recubrimiento 3 (2% de pectina, 0.4 % de CMC, 0.3% de glicerol y 97.3% de agua) refrigerados a una temperatura de 12°C con un periodo de almacenamiento de 12 días presentaron menor porcentaje de acidez con promedio de 10.8800, en cambio para SST, frutos que fueron tratados con recubrimiento 2 (1.5% de pectina, 0.4% de CMC, 0.3% y 97.8% de agua) refrigerados a 5°C durante 12 días de almacenamiento presentaron un promedio de 10.4000 en SST poco superior a la concentración de SST al primer día de almacenamiento, finalmente; frutos tratados con recubrimiento 2 (1.5% de pectina, 0.4% de CMC, 0.3% y 97.8% de agua) refrigerados a 5°C por 12 días presentaron un valor promedio de pH de 4.85333 a pesar de que este valor es inferior al pH inicial del fruto (5.5075), los frutos presentaron apariencia general aceptable para consumo y comercialización. Los resultados obtenidos indican que MJ a una concentración de  $1 \times 10^{-6}$  M, presenta actividad potencial para conservar las propiedades fisicoquímicas de la pitaya refrigeradas a 5 °C hasta por 16 días.

**Palabras clave:** Pitaya, Metil Jasmonato, Recubrimientos comestibles, Pectina.



## 8. ABSTRAC

The purpose of this research was to evaluate the effect of coatings with hydrocolloids and methyl jasmonate on the physicochemical properties of pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) fruits during post-harvest handling stored at temperatures of 5 and 12°C for a period of 20 days. For this, a factorial design (AxBxC) was used, with storage time, concentration (MJ and pectin) and temperature; as factors and weight loss, total soluble solids (TSS), titratable acidity and pH as response variables. A significant effect was found due to the interaction between time - temperature, with the concentration of MJ as with pectin on weight loss, titratable acidity, total soluble solids and pH. Fruits that were stored for 16 days at a temperature of 5°C presented less weight loss with an average of 21.1675 g, as well as those fruits that were treated with MJ at  $1 \times 10^{-6}$  M and stored at a temperature of 5°C presented less weight loss, with an average of 14.8833 g.

Regarding percentage of acidity, the fruits that were treated at a concentration of MJ  $1 \times 10^{-6}$  M and refrigerated at a temperature of 5°C with a storage period of 16 days had a lower percentage of acidity with an average of 6.8267. A similar effect was found in TSS and pH. Fruits treated with MJ at a concentration of  $1 \times 10^{-6}$  M refrigerated at 5°C for 12 days presented an average concentration of TSS of 9.4°Brix. In addition, fruits treated with MJ at a concentration of  $1 \times 10^{-6}$  M refrigerated at 5°C for 16 days presented an average pH value of 5.37667 similar to the initial pH of the fruit (5.59), a desirable characteristic in the experiment in order to preserve the flavor of the pitaya.

A similar effect was found when evaluating pectin concentration, where fruits that were treated with coating 3 composed of 2% pectin, 0.4% CMC, 0.3% glycerol and 97.3% water and stored at a temperature of 5°C presented less loss of weight with an average of 11.4042 g, this

result indicates that the concentration and refrigeration temperature influence the weight loss of the fruit, while in acidity, fruits that were treated with reception 3 (2% pectin, 0.4% CMC, 0.3% glycerol and 97.3% water) refrigerated at a temperature of 12°C with a storage period of 12 days showed a lower percentage of acidity with an average of 10.8800, instead for SST, fruits that were treated with coating 2 (1.5% pectin, 0.4% of CMC, 0.3% and 97.8% of water) refrigerated at 5°C during 12 days of storage presented an average of 10.4000 in SST slightly higher than the concentration of SST on the first day of storage, finally; fruits treated with coating 2 (1.5% pectin, 0.4% CMC, 0.3% and 97.8% water) refrigerated at 5°C for 12 days presented an average pH value of 4.85333 despite the fact that this value is lower than the initial pH of the fruit (5.5075), the fruits presented an acceptable general appearance for consumption and commercialization.

The results obtained indicate that MJ at a concentration of  $1 \times 10^{-6}$  M, has potential activity to preserve the physicochemical properties of pitaya refrigerated at 5 °C for up to 16 days.

**Keywords:** Pitaya, Methyl Jasmonate, Edible coatings, Pectin.

## 9. INTRODUCCIÓN

El municipio de Acatlán presenta un clima semi-cálido y subhúmedo con lluvias en verano, a pesar de las condiciones climáticas, habitantes de la región han adoptado la producción de ciertos frutos tropicales como el mango en los límites del río - Tizac o huertos de traspatio (López, 2011), y cactáceas como la pitaya y xoconoxtle; por lo regular la producción se presenta en temporada de lluvias. Los frutos que se producen en la región de Acatlán son de suma importancia económica para los productores.

La pitaya (*Stenocereus*) es una cactácea que se distribuye en las regiones áridas y semiáridas del continente americano, en México se distribuye principalmente en dos regiones productoras: la Subcuenca de Sayula y la Mixteca Baja. La primera incluye a los estados de Jalisco, Zacatecas, Guanajuato, Michoacán y Querétaro, que agrupan cerca de 1,000 ha (Arreola, 1999) en las cuales se aprovecha la especie *S. queretaroensis*. La segunda incluye a los estados de Oaxaca y Puebla, con una superficie aproximada de 690 ha, siendo las principales especies *S. griceus* y *S. stellatus* (Sánchez, 1984; Martínez y Bonilla, 2004). En el estado de Puebla, Acatlán, Huehuetlan el Chico, Huitziltepec, Tehuacán, Tepanco de López, Tepexi de Rodríguez, Xayacatlan de Bravo, Yehualtepec, Zacapala y Zinacatepec, destacan como productores de pitaya.

En la región mixteca, el fruto de pitaya de mayo se consume en fresco o en distintas preparaciones (mermeladas, gelatinas, jamoncillo, jarabes, bebidas fermentadas, bebidas refrescantes) y representa un ingreso económico al ser comercializada en los mercados regionales de Puebla, Tehuacán, Acatlán, San Juan Ixcaquixtla, Tepexi de Rodríguez y Huajuapán de León. El precio en el mercado depende del tamaño de los frutos, evidenciando la existencia de una medida estándar para venta al detalle, la venta por kilogramo no es utilizada en los mercados locales, lo que hace difícil determinar el precio de venta por

kilogramo, en el 2010, se registró un precio promedio de \$491.00 por caja de 25 kg, de manera que el precio por kg es aproximadamente de \$11.64. Cabe mencionar que en la venta al detalle la pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) alcanza precios más elevados (Bonilla, 2010).

El fruto se caracteriza por ser pulposo y jugoso, de coloración roja, amarilla, blanca y solferina (Bravo, 1978). Es una fruta no climatérica pues no presenta variaciones durante la etapa de maduración ni tampoco síntesis de etileno. Es cosechada desde el mes de abril hasta mayo, debido a sus características fisicoquímicas, presenta ciertos problemas en el periodo de postcosecha que se relaciona con su rápida descomposición, al mantener una elevada actividad del agua, provocando la proliferación de bacterias, además de que los daños mecánicos ocasionados durante el proceso de recolección causan cortes en la cáscara que implican pérdida de peso, golpes durante el transvase o fricción durante el transporte. Además, los daños fisiológicos se relacionan con las actividades de transpiración y respiración (García, 2003).

Actualmente existen diferentes tratamientos de postcosecha para poder incrementar la vida útil de los productos hortofrutícolas, tales como: Atmosferas controladas, recubrimientos comestibles, calentamientos intermitentes, sustancias químicas como lo es el ácido salicílico (SA) y los Ácidos jasmónicos (JA), para este último, investigaciones han demostrado que desacelera los cambios en los atributos físicos como el color, el peso, la firmeza y la cantidad de compuestos bioactivos (contenido fenólico y antioxidantes) y mejora la vida de almacenamiento en algunas frutas. Por otra parte, la pectina debido a su capacidad gelificante se ha empleado para elaborar recubrimientos comestibles, representando una alternativa para mantener los productos alimenticios frescos por mayor tiempo. Considerando lo anterior, este proyecto tuvo como finalidad evaluar el efecto de recubrimientos con hidrocoloides y metil jasmonato sobre las propiedades fisicoquímicas (pH, sólidos solubles totales, pérdida de peso

y acidez titulable) durante el manejo postcosecha a 5 y 12°C de frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*), como una alternativa de métodos químicos y físicos que productores de la mixteca pueden emplear para prolongar el tiempo de maduración óptimo, permitiendo su transporte sin afectar sus características físicas.

## 10. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 10.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de soluciones de metil jasmonato y recubrimientos con hidrocoloides sobre las propiedades fisicoquímicas de la pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) durante el manejo postcosecha a bajas temperaturas.

### 10.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar los parámetros fisicoquímicos de los frutos de pitaya (*Stenocereus griseus*) tratados con metil jasmonato y solución con hidrocoloides almacenados a dos temperaturas de refrigeración.
- b) Determinar el efecto de temperaturas de refrigeración sobre las propiedades físicas de pitayas de mayo (*Stenocereus griseus*) tratados con Metil Jasmonato y solución con hidrocoloides.
- c) Determinar el efecto de soluciones de metil Jasmonato y solución con hidrocoloides sobre la vida postcosecha de frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) almacenados a dos temperaturas de refrigeración.

### 10.3. Hipótesis

El uso de recubrimientos con hidrocoloides y solución de Metil jasmonato en frutos de pitaya de mayo almacenados a dos temperaturas de refrigeración, reduce daños por frío y prolongan la vida de anaquel sin alterar las propiedades fisicoquímicas.

## 11. REVISION DE LITERATURA

### 11.1. Origen y distribución

Mizrahi *et al.* (1997) mencionan que, “*Stenocerus griseus*” tiene el nombre común de “Pitayo de mayo” por la época de su cosecha y comercialización en los mercados desde finales de abril hasta el mes de mayo. La pitaya es un fruto pulposo, jugoso y comestible de una cactácea, que son originarias del Continente Americano, figuran entre las plantas más abundantes de las regiones áridas y semiáridas, estas distribuyen desde Canadá hasta Argentina. El número total de especies de esta familia varía entre de 1500 a 2000; por esta razón se considera México como un centro de origen (Bravo, 1978).

De acuerdo con Arreola (1999) mencionan que el género *Stenocereus* al cual pertenece la pitaya, se distribuye desde Arizona, México, Guatemala, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Costa Rica hasta el Norte de Colombia y Venezuela, así como el Caribe. Pero su mayor distribución, abundancia y diversidad se concentra en México, ya que de las 24 especies que incluye este género, 22 son nativas y de estas, 20 son endémicas del país.

### 11.2. Usos de la pitaya

El uso principal de la pitaya es alimenticio; tradicionalmente la parte comestible ha sido la pulpa, aunque también se reporta el consumo de las flores como legumbre y recientemente se propuso el uso de los brotes de los tallos como verdura para la elaboración de guisos. La pulpa puede someterse a congelamiento, concentración, deshidratación y fermentación. Para la pitaya roja se ha buscado alternativas para la extracción de colorantes y pectinas contenidas en la cáscara (García, 2003).

En la región Mixteca su principal uso es para venta en fresco del fruto, para la elaboración de aguas, nieves y ates.

### 11.3. Morfología y taxonomía

Tallo ramificado de 8.0-10 cm de ancho, semirrecto o arqueado. Cuenta con areolas de 8 - 10 cm de Largo, circulares, distantes entre sí de 3.0 - 4.0 cm. Cuenta con flores de 8.0 - 9.5 cm de largo. Un fruto con un tamaño de 4.0 - 8.0 cm de largo por 3.5 - 6.0 cm de ancho en forma de ovoide de color rojo, púrpura o anaranjado-verdosos, areolas con espinas de 0.5-1.0 cm de largo. el fruto cuenta con semillas de 1.9 - 2.8 mm de largo y 1.3 - 2.1 mm de ancho. (Arias *et al.*, 2012). En la Tabla 1, se presenta la clasificación taxonómica de la pitaya (*Stenocereus griseus*).

Tabla 1 *Clasificación taxonómica de la pitaya del género (Stenocereus)*

<b>Reino</b>	Vegetal
<b>Subreino</b>	EmbriopHYta
<b>División</b>	Angiospermae
<b>Clase</b>	Dicotiledoneae
<b>Orden</b>	Catales
<b>Familia</b>	Cactaceae
<b>Subfamilia</b>	Cactoideae
<b>Tribu</b>	Pachycereae
<b>Subtribu</b>	Stenocereinae
<b>Genero</b>	Stenocereus
<b>Especie</b>	Stenocereus spp

Fuente: Bravo, Hollis, (1987).



#### 11.4. Condiciones climáticas

El pitayo crece en condiciones regularmente áridas, en donde las lluvias son muy poco comunes, con un bajo porcentaje de humedad. Su suelo suele ser laderas, cañadas, lomas y lugares pedregosos (Figura 1).





*Figura 1* Pitayo (*S. griceus*).


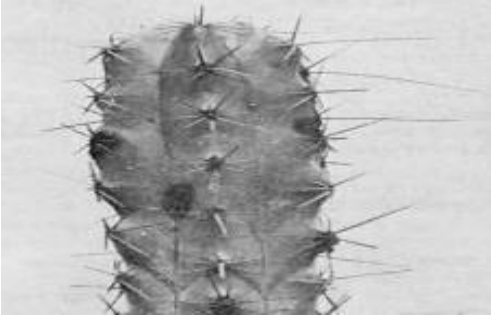
“La temperatura óptima para el cultivo de la pitaya (*Stenocereus griceus*) para producción oscila entre los 17 a 2°C como media anual, llegando a tolerar extremas de 38-40°C ya que en las plantas jóvenes afectan las altas y bajas temperaturas” (Pliego Ortiz, 2009).




#### 11.5. Especies y variedades de pitayas




Las principales variedades comerciales más destacadas dentro de la región mixteca, se encuentra la pitaya de mayo (*Stenocereus griseus Hawork*) y la pitaya de agosto o xoconostle (*Stenocereus stellatus Pfeiffer*) que se desecan por tener un sabor agridulce y por sus diferentes características nutritivas. De acuerdo con Santacruz *et al.* (2009) clasifica las diferentes especies y variedades de pitaya como se muestran en la siguiente Tabla 2.




Tabla 2 Clasificación de las diferentes especies y variedades de pitayas

<b>Pitaya,Xoconochtle,Jonocostle</b>	
<b>Nombre Científico:</b> <i>Stenocereus stellatus</i>	
<b>Sinónimo:</b> <i>Cereus stellatus, Lemaireocereus stellatus, Rathbunia stellata, Cereus dyckii.</i>	
<b>Familia:</b> Cactaceae	
<b>Pitayo de mayo</b>	
<b>Nombre Científico:</b> <i>Stenocereus griseus</i>	
<b>Sinónimo:</b> <i>Stenocereus eburneus, Lemaireocereus eburneus, Ritterocereus deficiens, Lemaireocereus deficiens, Cereus deficiens, Stenocereus victoriensi, Neolemaireocereus griseus, Ritterocereus giseus, Cereus eburneus.</i>	
<b>Familia:</b> Cactaceae	
<b>Candelabra</b>	


<p><b>Nombre Científico:</b> <i>Isolatocereus dumortieri</i>.</p>	
<p><b>Sinónimo:</b> <i>Cereus dumortieri</i>, <i>Rathbunia dumortieri</i>, <i>Lemaireocereus dumortieri</i>, <i>Stenocereus dumortieri</i>.</p>	
<p><b>Familia:</b> Cactaceae</p>	
<p><b>Stenocereus eichlamii</b></p>	
<p><b>Nombre Científico:</b> <i>Stenocereus eichlamii</i></p>	
<p><b>Sinónimo:</b> <i>Cereus laevigatus</i> var. <i>guatemalensis</i>, <i>Rathbunia longispina</i>, <i>Stenocereus longispinus</i>, <i>Rathbunia eichlamii</i>, <i>Ritterocereus eichlamii</i>, <i>Cereus eichlamii</i>, <i>Lemaireocereus eichlamii</i>, <i>Lemaireocereus longispinus</i>.</p>	
<p><b>Familia:</b> Cactaceae</p>	
<p><b>Stenocereus fimbriatus</b></p>	
<p><b>Nombre Científico:</b> <i>Stenocereus fimbriatus</i></p>	
<p><b>Sinónimo:</b> <i>Harrisia fimbriata</i>, <i>Ritterocereus hystrix</i>, <i>Lemaireocereus</i></p>	

<p><i>hystrix, Cereus hystrix, Stenocereus hystrix, Cactus hystrix, Cereus fimbriatus, Cactus fimbriatus, Rathbunia fimbriata, Pilocereus fimbriatus.</i></p>	
<p><b>Familia:</b> Cactaceae</p>	
<p><b>Pitayo de Aguas</b></p>	
<p><b>Nombre Científico:</b> <i>Stenocereus fricii</i></p>	
<p><b>Sinónimo:</b> <i>Rathbunia fricii</i></p>	
<p><b>Familia:</b> Cactaceae</p>	
<p><b>Pitaya Agria</b></p>	
<p><b>Nombre Científico:</b> <i>Stenocereus gummosus</i></p>	
<p><b>Sinónimo:</b> <i>Cereus gummosus, Rathbunia gummosa, Machaerocereus, gummosus, Lemaireocereus gummosus.</i></p>	
<p><b>Familia:</b> Cactaceae</p>	
<p><b>Sina</b></p>	
<p><b>Nombre Científico:</b> <i>Stenocereus kerberi</i></p>	

<p><b>Sinónimo:</b> <i>Cereus kerberi</i>, <i>Rathbunia kerberi</i>, <i>Cleistocactus kerberi</i>.</p>	
<p><b>Familia:</b> Cactaceae</p>	
<p><b>Pitaya Colorada, Mountain Organ Pipe, Saguira</b></p>	
<p><b>Nombre Científico:</b> <i>Stenocereus Montanus</i></p>	
<p><b>Sinónimo:</b> <i>Lemaireocereus montanus</i>, <i>Ritterocereus montanus</i>, <i>Rathbunia montana</i>.</p>	
<p><b>Familia:</b> Cactaceae</p>	
<p><b>Pitahaya de Querétaro</b></p>	
<p><b>Nombre Científico:</b> <i>Stenocereus queretaroensis</i></p>	
<p><b>Sinónimo:</b> <i>Cereus queretaroensis</i>, <i>Ritterocereus queretaroensis</i>, <i>Pachycereus queretaroensis</i>, <i>Lemaireocereus queretaroensis</i>, <i>Rathbunia queretaroensis</i>.</p>	
<p><b>Familia:</b> Cactaceae</p>	
<p><b>Organ Pipe Cactus, Pitahaya Dulce</b></p>	

<p><b>Nombre Científico:</b> <i>Stenocereus thurberi</i></p>	
<p><b>Sinónimo:</b> <i>Lemaireocereus thurberi</i>, <i>Rathbunia thurberi</i>, <i>Pilocereus thurberi</i>, <i>Marshallocereus thurberi</i>, <i>Neolemaireocereus thurberi</i>.</p>	
<p><b>Familia:</b> Cactaceae</p>	
<p><b>Gray Ghost Organ Pipe, Pitayo</b></p>	
<p><b>Nombre Científico:</b> <i>Stenocereus pruinosus</i></p>	
<p><b>Sinónimo:</b> <i>Rathbunia pruinosa</i>, <i>Cereus edulis</i>, <i>Lemaireocereus pruinosus</i>, <i>Echinocactus pruinosus</i>, <i>Ritterocereus pruinosus</i>, <i>Cereus pruinosus</i>.</p>	
<p><b>Familia:</b> Cactaceae</p>	
<p><b>Cardón Espinoso, Candelabro</b></p>	
<p><b>Nombre Científico:</b> <i>Pachycereus weberi</i></p>	
<p><b>Sinónimo:</b> <i>Pachycereus gigas</i>, <i>Pachycereus grandis</i> var. <i>gigas</i>, <i>Cereus candelabrum</i>, <i>Lemaireocereus</i></p>	



<i>weberi, Stenocereus weberi, Cereus weberi, Ritterocereus weberi.</i>	
<b>Familia:</b> Cactaceae	
<b>Chiotilla, Jiotilla</b>	
<b>Nombre Científico:</b> <i>Escontria chiotilla</i>	
<b>Sinónimo:</b> <i>Cereus chiotilla</i> , <i>Myrtillocactus chiotilla.</i>	
<b>Familia:</b> Cactaceae	

Fuente: (Santacruz *et al.*, 2009).

#### 11.6. Composición química de la pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*)

La pitaya es considerada uno de los frutos importantes desde el punto de vista nutricional ya que aporta micronutrientes como las vitaminas C, del grupo B y A (betacarotenos); minerales como el fosforo, calcio y el hierro, es rico en fibra y tener acción antioxidante. En la Tabla 3 se presenta la composición bromatológica del fruto íntegro y la pulpa del genero *S. griseus*, en la que se observa que son ricos en proteína y fibra cruda (Bravo y Sánchez, 1991).

Tabla 3 *Composición porcentual en base seca del fruto íntegro y de la pulpa de (S. griseus)*

<b>Componente</b>	<b>Fruto íntegro</b>	<b>Pulpa</b>
Proteína	6.93	9.07
Fibra cruda	16.76	23.15
Cenizas	6.67	3.23
Grasas	1.00	0.84

Extracto libre de nitrógeno	68.64	63.71
Humedad	84.13	85.79

Fuente: Bravo y Sánchez, 1991.

### 11.7. Producción de la pitaya

La producción de frutos de pitaya se localiza en diferentes regiones, sobresaliendo los estados de Jalisco, Oaxaca y Puebla que cuentan con una alta tasa de cosecha, de igual manera representa una importante actividad socioeconómica para las comunidades rurales asentadas en las zonas semiáridas como lo es la región mixteca.

Los niveles de producción dependerán principalmente de la edad, se ha visto que cuando inicia la primera producción el rendimiento por hectárea es poca que cuando se encuentre en la plenitud de su etapa productiva y al final de dicha etapa su rendimiento vuelve a reducirse. En el año 2020 se reportó una superficie sembrada de 1,949 hectáreas, con una producción de 6,356 toneladas con rendimientos promedio de  $43.3 \text{ t/ha}$  (Olmo, 2022). Destacando en producción, superficie cosechada y valor de producción los estados de Jalisco y Oaxaca (Figura 2).

En el estado de Puebla, los municipios que destacan en la producción de este fruto son: Huitziltepec, Tehuitzingo, Caltepec, Tepeyahualco de Cuauhtémoc, Yehualtepec, San Jeronimo Xayacatlán, Xayacatlán de Bravo, Santiago Miahuatlán, Totoltepec de Guerrero y Zapotitlán, con una superficie cosechada de Pitaya de 173 hectáreas, obteniendo una producción de 514.2 toneladas por hectárea (SAGARPA, 2016).



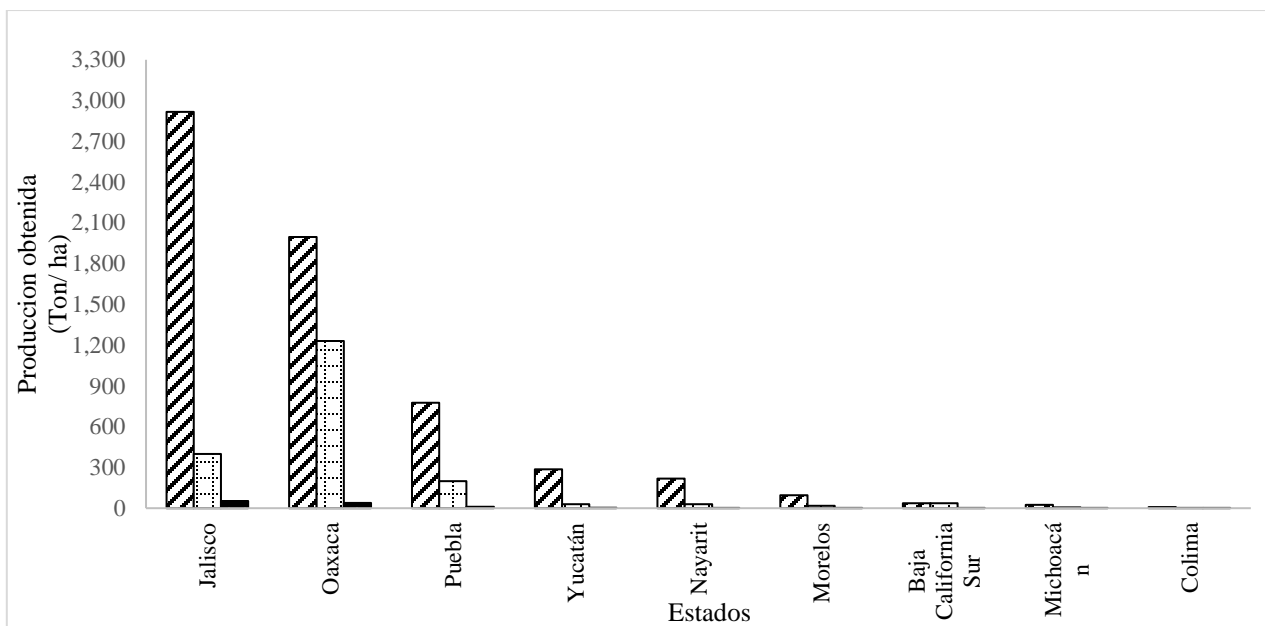


Figura 2 Gráfica de la producción, cosecha y valor de producción de la pitaya en 2020.

Fuente: Elaboración propia con información obtenida por Olmo, 2022.

### 11.8. Exportación

De acuerdo con Anastasio Villareal Díaz promotor de la iniciativa de los corredores bioculturales de la región de Huajuapán de León, Oaxaca, se realizó un primer convenio para la exportación de pitaya hacia Estados Unidos y Canadá que se implementó en el año 2018, con el objetivo de potencializar uno de los sistemas productivos más importantes de la región Mixteca, con el fin de crear nuevas oportunidades para los agricultores. En donde participando las comunidades de Tianguistengo y San José Chichihualtepec las cuales fueron un éxito, por lo que entonces, pretendieron realizar un segundo convenio, pero ahora que las exportaciones se realicen al estado de Oregón y New Jersey en Estados Unidos de América, así como al país canadiense tratando de comercializar la mayor cantidad de fruta (Sarabia, 2021).

Uno de los problemas que se presentan para la exportación de la pitaya es su pronta descomposición, por lo que se están buscando nuevas formas de poder ser conservadas por más tiempo, en donde influye también el tipo de embalaje adecuado para mantener sus propiedades fisicoquímicas, este ayudara a distribuir las a diferentes países, ya que por el momento solo es exportado a Estados Unidos de América.

### **11.9. Problemas que afectan la calidad de la pitaya**

Existen diferentes factores que afectan la calidad del fruto, los cuales se pueden agrupar en tres factores;

#### **11.9.1. Mecánico**

Son ocasionados por cortes provocando la pérdida de peso del fruto, golpes durante la recolección o transvase, fricción durante el transporte, y compresión por el almacenamiento de una fruta sobre otra por lo que se recomienda usar esponjas para amortiguar el peso.

#### **11.9.2. Fisiológico**

Son aquellos relacionados con las actividades de transpiración y respiración, que provocan la pérdida de agua, así como el consumo de las reservas alimenticias de la fruta. Ataque de plagas que pueden ser insectos, roedores o microorganismos que se generan por la falta de aseo en los lugares de acopio o almacenamiento (García, 2003).

#### **11.9.3. Aspectos fitosanitarios**

García (2003) comenta que los problemas fitosanitarios que limitan la producción de la pitaya son la pudrición basal del fruto, la antracnosis (*Colletotrichum sp*), mosca del botón

floral (*Dacias saltans*), mosca de la fruta (*Anastrepha sp.*) y nematodos. Muchos de estos problemas sanitarios que presenta en la actualidad el cultivo se han incrementado a causa de un manejo técnico incorrecto de las plantaciones.

#### **11.10. Daño mecánico / físico**

Cuando las membranas de las células se rompen debido a un daño físico, los compuestos polifenólicos de los frutos y vegetales quedan expuestos a la enzima polifenol oxidasa y se genera el pardeamiento de los tejidos. El daño mecánico estimula la producción de  $CO_2$  y etileno por lo que acelera la maduración de los productos hortofrutícolas, incrementa la transpiración y las áreas que presenten daños son un punto para el ataque de microorganismos (Karder, 2002).

#### **11.11. Daño por frío (DF)**

Los productos hortofrutícolas expuestos por un tiempo prolongado a temperaturas inferiores a las recomendadas pueden sufrir daños por frío. Este desorden fisiológico genera pardeamiento de tejidos, decoloración, hundimiento en la superficie, retraso o pérdida de la capacidad para madurar, desarrollo de sabores y aromas extraños (off-flavor) e incrementa en la susceptibilidad del producto al ataque de microorganismos. Estos síntomas se hacen más evidentes cuando el producto es transferido a temperatura más altas (Arias y Toledo, 2007; Roiz, 2011).

#### **11.12. Respuestas al daño por frío**

Las investigaciones a la respuesta de daños por frío aún siguen siendo insuficientes, aunque se han producido notables progresos. Los daños por frío pueden reducirse

aumentando la tolerancia de los frutos, aunque no existen medios totalmente eficaces para evitarlos los daños por frío, excepto los que limitan el estrés hídrico, estimulados por las bajas temperaturas, también los tratamientos que dificulten los flujos de gases de interés fisiológica a través de las membranas celulares, generando atmosferas modificadas (AM) al interior de fruto (Artes y Hernández, 2002).

#### **11.12.1. Tratamientos químicos**

Dentro de los tratamientos químicos entran los antioxidantes como la exotiquina, la difenilamina y el benzoato sódico, algunos fungicidas como benomil, tiabendazol o imazalil, los vapores de estaños (reducen la respiración y la emisión de etileno) y la mayoría de los reguladores del crecimiento que afectan los procesos bioquímicos y fisiológicos que afectan la tolerancia al estrés por frío (etileno, ácido giberélico, ácido abscisico, el ácido jasmónico, y triazoles). Sin embargo, hay un rechazo por los consumidos por el empleo de sustancias químicas que puedan afectar la salud como el medio ambiente.

#### **11.12.2. Tratamientos térmicos**

Son otra opción para contrarrestar los daños por frío en donde se incluyen los retrasos del enfriamiento, acondicionamientos térmico o curado para retrasar la alteración de los tejidos que dependerá de la variedad y estado fisiológico.

#### **11.12.3. Tratamientos gaseosos**

Este consiste en el aumento del  $CO_2$  y la disminución de  $O_2$ . Ayuda a mantener la firmeza y el retraso de algunos cítricos. La ausencia de  $O_2$  frena drásticamente la tasa respiratoria y el metabolismo.

### **11.13. Cambios físicos y químicos durante la maduración**

La maduración es el proceso que le ocurre a los frutos después del estado de crecimiento, en este proceso se pueden observar diferentes cambios físicos, como pueden ser el color, textura y otros atributos sensoriales. Estos cambios se dan en el momento en que su célula contiene suficientes elementos bioquímicos para su buen funcionamiento. Hoy en día, estos cambios han sido de gran importancia para evaluar los parámetros de calidad, tomando en cuenta los diferentes gustos de las personas, que apoya para identificar el rango de calidad en el cual se encuentra el producto. Peñuela (2004) considera que además de los mencionado anteriormente, el contenido de pulpa, consistencia y contenido de azúcar, pueden ser considerados como indicativos de madurez vegetal.

#### **11.13.1. Cambios en el color extremo**

La mayoría de los frutos presentan un cambio de coloración en la cáscara o piel indicando que se está realizando la maduración interna. La maduración conlleva a la degradación de la clorofila (color verde), revelando la presencia de otros pigmentos como b-carotenos (amarillos), xantofilas (anaranjado) y antocianinas (rojos y azules). Dependiendo del tipo de síntesis, clase y concentración final de los pigmentos en la conversión de cloroplastos y cloroplastos a cromoplastos.

#### **11.13.2. Contenido de pulpa o de jugo**

Al avanzar el proceso de maduración en la planta, en la mayoría de los frutos se incrementa el contenido de pulpa o de jugo. Este aumento se debe a la degradación de almidón y la pectina desde los primeros estados, y a la síntesis de agua como uno de los

productores de metabolismo, lo que hace que la fruta sea más blanda y jugosa cuando está madura.

### **11.13.3. Consistencia**

Al igual que el aumento de la jugosidad, la maduración de los frutos suele estar asociada a un ablandamiento de los tejidos como consecuencia de los cambios químicos, la degradación de la pared celular, la pérdida de turgencia y la degradación de productos de reserva como el almidón, originando constituyentes semilíquidos y sustancias pépticas que mantienen cohesionada las células y conducen al ablandamiento y separación de la mismas; por tanto, disminuye la dureza de los frutos.

### **11.13.4. Contenido de azúcar**

Así como otras características de los frutos, el contenido de azúcar depende de la variedad, el estado de nutrición de la planta y el estado de desarrollo del fruto. La mayoría de los frutos acumulan almidón durante su desarrollo, éste al hidrolizarse origina azúcares más sencillos antes o durante la maduración; estos azúcares son la fructosa, la sacarosa y la glucosa. Las cantidades de estos azúcares varían de cada especie y variedad, siendo identificables mediante métodos analíticos como la cromatografía líquida y de alta eficiencia (HPLC).

### **11.14. Pérdida de peso**

La pérdida de peso es una consecuencia directa del agua. Durante la post-recolección ocurre una pérdida de peso que se acompaña por otros cambios como pérdida de firmeza. Su

consecuencia, además de una reducción en peso, es el arrugamiento en la superficie y el ablandamiento de las frutas. (Blandòn, 2012).

#### **11.15. Acción del etileno**

El etileno es un gas simple, compuesto por dos átomos de carbono y cuatro de hidrógeno ( $C_2H_4$ ), que tiene un importante papel en las plantas al afectar a su crecimiento, desarrollo, maduración y senescencia a concentraciones tan bajas como  $0.01 \mu L/L$  (ppm). (Reid, 2014).

El etileno regula la maduración y senescencia de productos agrícolas a nivel molecular, bioquímico y fisiológico (Kesari *et al.*, 2007). También Jiang y Fu (2000) mencionan que, estimulan la expresión de genes que codifican para las enzimas relacionadas con los cambios durante la maduración y/o senescencia. Además, Bapat *et al.* (2010) destacan que este compuesto orgánico, tiene un papel doble en la postcosecha, por un lado, ocasiona que los frutos adquieran características organolépticas óptimas para su consumo, pero también es responsable de la senescencia de los tejidos, generando efectos desfavorables en la calidad.

#### **11.16. Tratamientos físicos**

De acuerdo con diferentes investigaciones se ha comprobado que la conservación en atmósferas a diferentes concentraciones de  $CO_2$  y  $O_2$  reducen apreciablemente la aparición de los daños por frío, y que este efecto está más relacionado con los niveles de  $CO_2$  que de  $O_2$ . Controlando la concentración de estos dos gases, se puede simultáneamente optimizar la

conservación, y minimizar los daños por frío, como se observó en diversos frutos, aguacate, y guayaba (Meir *et al.*, 1995; Singh y Pal, 2008).

#### **11.17. Tratamientos térmicos**

La temperatura y el tiempo son las variables primarias que afectan al desarrollo de los daños por frío (DF). Para cualquier fruto e incluso variedad, a cualquier temperatura, existe un tiempo mínimo de exposición para inducir un daño irreversible. Marcellin (1992) menciona que uno de los tratamientos más eficaces para los daños por frío son los calentamientos intermitentes (CI) que consisten en someter al fruto a elevaciones periódicas de temperatura, con una duración e intensidad de variables según el producto. Otro de los tratamientos es el control de la temperatura que induce al desarrollo de una tecnología basada en pretratamientos a alta temperatura, que consiste en sumergir las frutas en agua caliente (HWD) o duchas calientes y cepillado (HWRB), vapor de agua y aire caliente (Lurie, 1998; Porat *et al.*, 2000; Fallik, 2004).

#### **11.18. Bajas temperaturas**

Las bajas temperaturas incluyen la refrigeración, congelación y ultra congelación, son importantes en la conservación de alimentos por corto tiempo, ya que inhiben el crecimiento y actividad de microorganismos, pero cuando el producto es retirado de la refrigeración o descongelado, los microorganismos se activan cuando la temperatura aumenta, además de disminuir la velocidad de respiración de los alimentos tales como las frutas. La temperatura que se recomienda utilizar es a un ambiente controlado menor a 4° C. Si los alimentos se mantienen frescos con esta temperatura, la posibilidad de que se desarrollen microorganismos será muy baja (Aguilar, 2012).



### **11.18.1. Tratamientos químicos**

Se han desarrollados numerosos compuestos químicos para limitar los daños por frío. Sin embargo, la preocupación de los consumidores por el empleo de sustancias químicas, que suelen dejar residuos sobre los frutos y son potencialmente nocivas para las personas y el medio ambiente, por lo que se está erradicando sus usos por productos más naturales (Artes, 1995).

Tras la recolección, tanto de frutas como hortalizas sufren un proceso acelerado de envejecimiento y degradación. Para retrasar estos efectos se utilizan recubrimiento de ceras, ya sean de cera natural, escualeno, polietileno, siliconas y sucroésteres de ácidos grasos etc. Además de que tienen un efecto protector a los daños por frío, no por la acción directa del producto, sino porque pueden modificar, por un lado, la composición de la atmósfera interna del fruto, con aumento de los niveles de  $CO_2$  y etileno y disminución del  $O_2$ , y por otro, disminuir la pérdida de humedad del fruto (Romojaro, 2016).

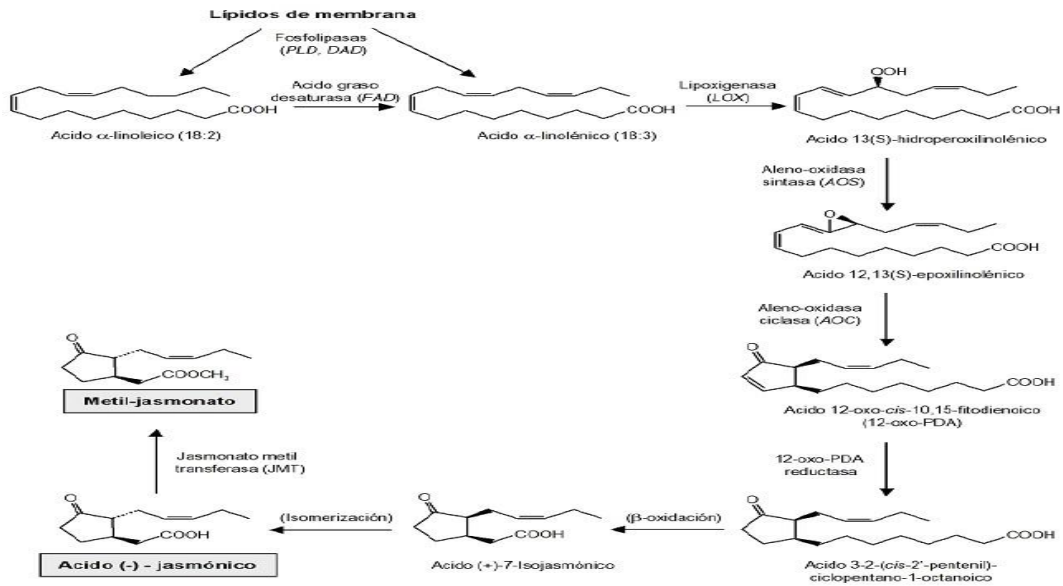
Otra de las estrategias sobre la que se ha centrado la atención en los tratamientos químicos ha sido la utilización de los ácidos salicílico (SA) y Acido jasmónico (JA) o algunos de sus derivados. Estos compuestos podrían estar relacionados con el estrés oxidativo jugando un papel esencial en prever el daño oxidativo (Bowler *et al.*, 1994). El JA y su éster metílico (MJ) se han encontrado de forma natural en un amplio rango de plantas superiores. Por otro lado, Vick y Zimmerman (1984) dijeron “que el JA es el producto final de la oxidación enzimática de ácidos grasos insaturados, linoleico y linolénico principalmente, y la enzima clave de esta ruta es la lipoxigenasa (LOX)”. Estas son fitohormonas lipídicas que actúan como moléculas de señales de respuesta a las plantas en numerosas situaciones de estrés y que participan en diversos procesos de desarrollo. La volatilidad del MJ permite tratamientos gaseosos, mientras que el JA, al ser más soluble en agua, se utiliza en solución

### **11.19. Jasmonatos**

Cheong y Chi (2003) mencionan que el metil jasmonato y el ácido jasmónico hacen parte de la categoría de jasmonatos, los cuales son sintetizados en las plantas por la ruta de los octadecanoides. Estas moléculas se conocen por su actividad señalizadora en la planta en respuesta a diferentes factores de estrés y participan en diferentes rutas del desarrollo de la misma. El ácido jasmónico es un aceite amarillo de consistencia viscosa, soluble en cloroformo, acetato de etilo, acetona y éter; y poco soluble en agua, su punto de ebullición es de 125°C/0.001 mm Hg (López, 1985).

### **11.20. Biosíntesis de jasmonatos**

La ruta de biosíntesis, también llamada ruta de los octadecanoides, ha sido estudiada extensamente, llegándose a conocer hoy en día varias enzimas implicadas en diversos pasos de la misma (Berger, 2002; Agrawal, 2004). Los jasmonatos son formados a partir del ácido graso no saturado linoleico y linolénico que se liberan desde los fosfolípidos de las membranas celulares por la acción de lipasas, mecanismo que ocurre principalmente en las hojas de las plantas (Jordán y Casaretto, 2006) (Figura 3). El ácido jasmónico es producido por la planta después del daño producido por un patógeno los cuales pueden ser microorganismo o insecto y da como resultado un incremento de la producción de compuestos de resistencia, como el ácido salicílico y etileno (Chavez *et al.*, 2012).



*Figura 3* Biosíntesis del Jasmonato. Ruta de los ácidos octadienoicos (18:3) que describe la formación de ácido jasmónico y Metil Jasmonato a partir de fosfolípidos de membrana. (Jordan y Casaretto, 2006).

### 11.21. Papel que juega el Metil Jasmonato al daño por frío

Shi *et al.*, (2019) consideran al MJ como un regulador endógeno que tiene un impacto significativo en las respuestas de las plantas frente a los estreses abióticos y bióticos, presentando la capacidad de retrasar el desarrollo de los daños por frío. Se ha demostrado que el tratamiento exógeno con MJ puede inducir las proteínas de choque térmico o chaperonas, aumentar la síntesis de antioxidantes, reducir la actividad de la lipoxigenasa e incrementar la resistencia de las plantas a los daños causados por frío (Ruan *et al.*, 2019). La tolerancia a los daños por frío se debe a que el ácido jasmónico (JA) y sus precursores desencadenan una serie de respuestas de defensa en las células. En resumen, la aplicación de MJ reduce el estrés oxidativo generado por una situación de estrés abiótico o biótico.

## **11.22. Recubrimientos comestibles**

Un recubrimiento comestible (RC) se define como el revestimiento de un producto vegetal con una o varias capas finas de color transparente continua, se crea alrededor de un alimento generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora del recubrimiento con el fin de servir como un empaque para preservar su calidad (Vasconez *et al.*, 2009). El uso de recubrimientos comestibles se ha extendido a muchos alimentos como son productos cárnicos, frutas y hortalizas entre otros (Suárez, 2016). Este tipo de materiales puede reducir la pérdida de peso, retardar el proceso de maduración fisiológica, ayuda a mantener la integridad estructural del alimento y dar brillo a los frutos mejorando de esta forma su apariencia (Baldwin, 2005).

### **11.22.1. Composición de los recubrimientos comestibles**

La composición de los recubrimientos comestibles es muy variada, como son los polisacáridos derivados de celulosa (Metilcelulosa MC, hidroximetil celulosa HMC, hidroxipropil metilcelulosa HPMC y Carboximetilcelulosa CMC), pectinas, derivados de almidón, alginatos, carragenina, quitosano, gomas y las proteínas ya que muestran excelentes propiedades mecánicas y estructurales (Eum *et al.*, 2009). Dichas composiciones pueden incluir conjuntamente plastificantes como emulsionantes (es decir, glicerol, sorbitol, los monoglicéridos, glicol de polietileno, glucosa) que se utilizan a menudo para aumentar la flexibilidad y elasticidad del recubrimiento, además de utilizar aditivos naturales con propiedades antimicrobianas y antioxidantes (Fernández *et al.*, 2017).

### **11.22.2. Ventajas**

De acuerdo con Fernández *et al.* (2017) menciona las siguientes ventajas que ofrecen los recubrimientos comestibles:

- Propiedades antimicrobianas
- Permeabilidad selectiva a gases ( $CO_2$  Y  $O_2$  )
- Mejor apariencia
- Biodegradables
- No tóxicos
- Amigables con el ambiente y de bajo costo

### **11.23. Pectina**

La pectina consiste en estructuras de  $\alpha$  (1-4) ácido galacturónico con ramificaciones laterales de cadenas de azúcares neutrales como ramnosa, arabinosa, xilosa y galactosa. La pectina es empleada en la industria alimenticia como agente gelificante, espesante, texturizante, emulsificante y estabilizador para la modificación de productos alimenticios (Saberian *et al.*, 2017). La habilidad de vinculación de las moléculas de la pectina es aprovechada para producir recubrimientos comestibles, para su producción regularmente se utiliza como agente plastificante glicerol (Lopes *et al.*, 2017). Las características físicas, térmicas y mecánicas de un recubrimiento comestible compuesta por pectina dependen de la sustancia agregada, como plastificantes que son un compuesto sintético o natural que se introduce en las cadenas del polímero y lo hace maleable y flexible a temperatura ambiente. Sirven para favorecer la flexibilidad y resistencia. Además de que actúa como una barrera más eficaz contra la humedad (Burgos, 2013), y emulsificantes, sustancia que tiene la capacidad de reducir la tensión superficial en la interface de dos fases normalmente

inmiscibles para que después permanezcan íntimamente mezclados y estables (Peñañiel, 2013).

#### **11.24. Carboximetilcelulosa**

La carboximetilcelulosa (CMC) es un polisacárido derivado de la celulosa con un residuo lineal aniónico de glucopiranososa  $\beta$  (1-4). Actúa como ligante, espesante y estabilizante. además, produce materiales transparentes, lo que es una cualidad importante en los recubrimientos, pues permite mantener la apariencia de los productos. (Ghanbarzadeh, B. y H. Almasi, 2011).

## 12. MATERIALES Y MÉTODOS

### 12.1. Localización del sitio experimental

El presente trabajo se realizó en el Taller de Industrias Alimentarias así como en el Laboratorio Básico Multifuncional de la Carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, ubicado en carretera – San Juan Ixcaquixtla km 5.5, unidad tecnológica, C.P. 74949 Acatlán de Osorio, Puebla, México. Con coordenadas Gráficas 18° 13' 28'' LN y 98° 02' 19'' LW, a 1211 msnm, con una temperatura anual de 24.2 °C y clima seco, semiarido con lluvias en verano.

### 12.2. Obtención de frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*)

Los frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) fueron adquiridos a finales de abril y durante el mes de mayo en huertos de traspatio de Las Nieves y Acatlán, ambas localidades pertenecen a la región mixteca baja poblana. Los frutos empleados fueron seleccionados con un grado de madurez óptima, aquellos que presentaban color de cáscara y firmeza característico (Figura 4), que los productores emplean como indicador para iniciar la cosecha y realizar la venta en fresco en los mercados locales.



Figura 4 . Pitaya (*Stenocereus griseus*).

### 12.3. Preparación de soluciones de metil jasmonato (MJ)

Se realizaron cálculos matemáticos para poder determinar la cantidad a utilizar del MJ y agua según las concentraciones establecidas. Para la preparación de las soluciones se midió el volumen de agua necesario con ayuda de un vaso precipitado con capacidad de 2 litros, para obtener un volumen total de 4 litros de solución. Para asegurar una máxima precisión en la dosificación del MJ en las emulsiones, se emplearon micropipetas de 20 – 100  $\mu$ L, 2 – 20  $\mu$ L y 0.5 – 10  $\mu$ L marca (Glassco) (Figura 5); el volumen medido se disolvió en 50 mL de agua hasta su total homogenización, posteriormente, esta mezcla se incorporó al volumen restante de agua hasta total mezclado. Este procedimiento se realizó para preparar las tres emulsiones ( $10^{-6}$  M ,  $10^{-5}$  M,  $10^{-4}$  M de MJ).



*Figura 5* Preparación de las soluciones de MJ.

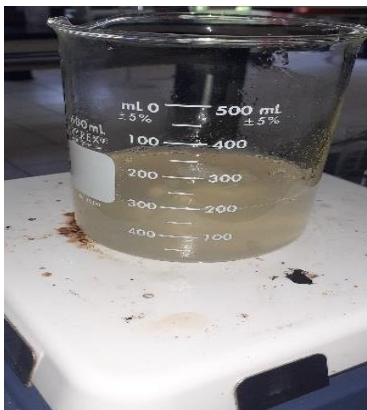
### 12.4. Preparación de recubrimientos elaborados con hidrocoloides

Los recubrimientos elaborados con hidrocoloides se prepararon a partir de soluciones porcentuales de pectina (Figura 6) cuya concentración fue de 1.0 %, 1.5% y 2.0 % p/p. Cada solución se preparó empleando agua purificada calentada hasta 65 °C para facilitar la solubilización del polisacárido. Posteriormente, se añadió la solución de glicerol al 0.3% (p/v) y solución al 0.4% de Carboximetilcelulosa (CMC), tal como se describe en la Tabla 4.



Tabla 4 *Formulación de recubrimientos elaborados con hidrocoloides.*

<b>Aditivos</b>	<b>Recubrimiento 1</b>	<b>Recubrimiento 2</b>	<b>Recubrimiento 3</b>
<b>Pectina %</b>	1	1.5	2
<b>CMC %</b>	0.4	0.4	0.4
<b>Glicerol %</b>	0.3	0.3	0.3
<b>Agua %</b>	98.3	97.8	97.3
<b>Total %</b>	100	100	100



*Figura 6* Preparación de los recubrimientos con hidrocoloides.

### **12.5. Acondicionamiento de las muestras**

A los frutos de Pitaya de Mayo (*Stenocereus griseus*), se le retiraron las espinas con una tenaza de metal, posteriormente fueron lavadas con agua potable para eliminar rastros de tierra o insectos, desinfectadas con hipoclorito de sodio (100 ppm) y secados con toallas de papel absorbente para eliminar el exceso de solución desinfectante (Figura 7). Los frutos fueron pesados empleando una balanza electrónica OHAUS AS200 y registrados para su posterior tratamiento.



*Figura 7* Secado de los frutos de pitaya (*Stenocereus griseus*).

En total se emplearon 192 frutos, de los cuales 96 fueron utilizados para pruebas con recubrimientos con hidrocoloides y el resto con emulsiones de MJ. Para cada tratamiento, se dividieron en cuatro lotes formados por 24 pitayas (*Stenocereus griseus*), estos a su vez, en ocho sublotes formados por 12 frutos, tal como lo muestra la Tabla 5, que fueron almacenados a dos temperaturas (5°C y 12°C), durante 20 días

Tabla 5 *Esquema experimental debido a dos temperaturas de conservación.*

Día	Numero de frutos por tratamiento		Subtotal de frutos
	5°C	12°C	
<b>0</b>	2	2	4
<b>4</b>	2	2	4
<b>8</b>	2	2	4
<b>12</b>	2	2	4
<b>16</b>	2	2	4
<b>20</b>	2	2	4
<b>Total de frutos a utilizar</b>			24 frutos

Fuente: Elaboracion propia

## **12.6. Aplicación del metil jasmonato (MJ) sobre los frutos**

Cada sublote fue sumergido en una emulsión de MJ a concentraciones diferentes ( $10^{-4} M$  de ,  $10^{-5} M$  de ,  $10^{-6} M$  de MJ), durante 15 minutos a una temperatura de  $25^{\circ}$ , en un recipiente con capacidad de 5 L. Terminado el periodo de impregnación, con la ayuda de una pinza metálica se tomaron del diámetro polar y se agitaron suavemente hasta la eliminación de exceso de emulsión. Cuatro sublotes se almacenaron en un enfriador (IMBERA VR35 C BMAD) a  $5^{\circ}C$  y los restantes, se colocaron en un refrigerador doméstico (WHIRLPOOL WT1636N) a  $12^{\circ}C$ , durante un periodo de 20 días. A los 0, 4, 8, 12, 16 y 20 días, se tomó una pitaya (*Stenocereus griseus*) para evaluar su pérdida de peso, sólidos solubles totales, acidez titulable y pH, esto se hizo por duplicado.

## **12.7. Aplicación de recubrimientos con hidrocoloides a los frutos de pitaya**

*(Stenocereus griseus)*

Cada sublote, de 12 frutos, se sumergieron en soluciones con hidrocoloides de diferente concentración de pectina (1%, 1.5% y 2% de pectina); los frutos se dejaron a temperatura ambiente hasta la adherencia total del recubrimiento comestible. Cuatro sublotes se almacenaron en un enfriador (IMBERA VR35 C BMAD) a  $5^{\circ}C$  y los otros 4 sublotes restantes se colocaron en un refrigerador doméstico (WHIRLPOOL WT1636N) a  $12^{\circ}C$ , por un periodo de 20 días. Realizándoles evaluaciones los días 0,4,8,12,16 y 20 días, Como se muestra en el diseño experimental.

## **12.8. Diseño experimental**

Para estimar el efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de MJ y recubrimientos con hidrocoloides sobre las variables de respuesta (pérdida de peso,

SST, acidez titulable y pH), se empleó un diseño factorial con tres factores. Para las pitayas (*Stenocereus griseus*) tratadas con MJ con cuatro niveles de concentración (Sin MJ,  $10^{-4}$   $\mu$ L,  $10^{-5}$   $\mu$ L,  $10^{-6}$   $\mu$ L de MJ), seis niveles de tiempo de almacenamiento (0, 4, 8, 12, 16, 20 días) y dos niveles de temperatura (5°C y 12°C) con un total de 48 unidades experimentales. En la Tabla 6 se plantea el esquema del experimento.

Tabla 6 *Arreglo experimental de los diferentes tratamientos con MJ*

Tratamiento	Factores		
	Temperatura	Tiempo	Concentración
1	5°C	0	0
2	5°C	4	0
3	5°C	8	0
4	5°C	12	0
5	5°C	16	0
6	5°C	20	0
7	5°C	0	<i>MJ</i> $1 \times 10^{-4}$ M
8	5°C	4	<i>MJ</i> $1 \times 10^{-4}$ M
9	5°C	8	<i>MJ</i> $1 \times 10^{-4}$ M
10	5°C	12	<i>MJ</i> $1 \times 10^{-4}$ M
11	5°C	16	<i>MJ</i> $1 \times 10^{-4}$ M
12	5°C	20	<i>MJ</i> $1 \times 10^{-4}$ M
13	5°C	0	<i>MJ</i> $1 \times 10^{-4}$ M
14	5°C	4	<i>MJ</i> $1 \times 10^{-5}$ M
15	5°C	8	<i>MJ</i> $1 \times 10^{-5}$ M

---

<b>16</b>	5°C	12	<i>MJ 1x10<sup>-5</sup> M</i>
<b>17</b>	5°C	16	<i>MJ 1x10<sup>-5</sup> M</i>
<b>18</b>	5°C	20	<i>MJ 1x10<sup>-5</sup> M</i>
<b>19</b>	5°C	0	<i>MJ 1x10<sup>-6</sup> M</i>
<b>20</b>	5°C	4	<i>MJ 1x10<sup>-6</sup> M</i>
<b>21</b>	5°C	8	<i>MJ 1x10<sup>-6</sup> M</i>
<b>22</b>	5°C	12	<i>MJ 1x10<sup>-6</sup> M</i>
<b>23</b>	5°C	16	<i>MJ 1x10<sup>-6</sup> M</i>
<b>24</b>	5°C	20	<i>MJ 1x10<sup>-6</sup> M</i>
<b>25</b>	12°C	0	0
<b>26</b>	12°C	4	0
<b>27</b>	12°C	8	0
<b>28</b>	12°C	12	0
<b>29</b>	12°C	16	0
<b>30</b>	12°C	20	0
<b>31</b>	12°C	0	<i>MJ 1x10<sup>-4</sup> M</i>
<b>32</b>	12°C	4	<i>MJ 1x10<sup>-4</sup> M</i>
<b>33</b>	12°C	8	<i>MJ 1x10<sup>-4</sup> M</i>
<b>34</b>	12°C	12	<i>MJ 1x10<sup>-4</sup> M</i>
<b>35</b>	12°C	16	<i>MJ 1x10<sup>-4</sup> M</i>
<b>36</b>	12°C	20	<i>MJ 1x10<sup>-4</sup> M</i>
<b>37</b>	12°C	0	<i>MJ 1x10<sup>-4</sup> M</i>
<b>38</b>	12°C	4	<i>MJ 1x10<sup>-5</sup> M</i>

---

<b>39</b>	12°C	8	<i>MJ</i> 1x10 <sup>-5</sup> M
<b>40</b>	12°C	12	<i>MJ</i> 1x10 <sup>-5</sup> M
<b>41</b>	12°C	16	<i>MJ</i> 1x10 <sup>-5</sup> M
<b>42</b>	12°C	20	<i>MJ</i> 1x10 <sup>-5</sup> M
<b>43</b>	12°C	0	<i>MJ</i> 1x10 <sup>-6</sup> M
<b>44</b>	12°C	4	<i>MJ</i> 1x10 <sup>-6</sup> M
<b>45</b>	12°C	8	<i>MJ</i> 1x10 <sup>-6</sup> M
<b>46</b>	12°C	12	<i>MJ</i> 1x10 <sup>-6</sup> M
<b>47</b>	12°C	16	<i>MJ</i> 1x10 <sup>-6</sup> M
<b>48</b>	12°C	20	<i>MJ</i> 1x10 <sup>-6</sup> M

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de los frutos sometidos a la acción de recubrimientos con hidrocoloides, la concentración de pectina tuvo cuatro niveles, se mantuvieron los mismos niveles para el tiempo de almacenamiento y temperatura. En la Tabla 7 se plantea el esquema del experimento.

Tabla 7 *Arreglo experimental de los diferentes tratamientos con Pectina*

Tratamiento	Factores		
	Temperatura	Tiempo	Concentración
<b>1</b>	5°C	0	0
<b>2</b>	5°C	4	0
<b>3</b>	5°C	8	0
<b>4</b>	5°C	12	0
<b>5</b>	5°C	16	0

---

<b>6</b>	5°C	20	0
<b>7</b>	5°C	0	1 % de pectina
<b>8</b>	5°C	4	1 % de pectina
<b>9</b>	5°C	8	1 % de pectina
<b>10</b>	5°C	12	1 % de pectina
<b>11</b>	5°C	16	1 % de pectina
<b>12</b>	5°C	20	1 % de pectina
<b>13</b>	5°C	0	1.5 % de pectina
<b>14</b>	5°C	4	1.5 % de pectina
<b>15</b>	5°C	8	1.5 % de pectina
<b>16</b>	5°C	12	1.5 % de pectina
<b>17</b>	5°C	16	1.5 % de pectina
<b>18</b>	5°C	20	1.5 % de pectina
<b>19</b>	5°C	0	2 % de pectina
<b>20</b>	5°C	4	2 % de pectina
<b>21</b>	5°C	8	2 % de pectina
<b>22</b>	5°C	12	2 % de pectina
<b>23</b>	5°C	16	2 % de pectina
<b>24</b>	5°C	20	2 % de pectina
<b>25</b>	12°C	0	0
<b>26</b>	12°C	4	0
<b>27</b>	12°C	8	0
<b>28</b>	12°C	12	0

---

---

<b>29</b>	12°C	16	0
<b>30</b>	12°C	20	0
<b>31</b>	12°C	0	1 % de pectina
<b>32</b>	12°C	4	1 % de pectina
<b>33</b>	12°C	8	1 % de pectina
<b>34</b>	12°C	12	1 % de pectina
<b>35</b>	12°C	16	1 % de pectina
<b>36</b>	12°C	20	1 % de pectina
<b>37</b>	12°C	0	1.5 % de pectina
<b>38</b>	12°C	4	1.6 % de pectina
<b>39</b>	12°C	8	1.5 % de pectina
<b>40</b>	12°C	12	1.5 % de pectina
<b>41</b>	12°C	16	1.5 % de pectina
<b>42</b>	12°C	20	1.5 % de pectina
<b>43</b>	12°C	0	2 % de pectina
<b>44</b>	12°C	4	2 % de pectina
<b>45</b>	12°C	8	2 % de pectina
<b>46</b>	12°C	12	2 % de pectina
<b>47</b>	12°C	16	2 % de pectina
<b>48</b>	12°C	20	2 % de pectina

---

Fuente: Elaboración propia



## 12.9. Unidad experimental

Para cada ensayo experimental, tanto para los que fueron tratados con MJ como aquellos que fueron recubiertas con hidrocoloides, la unidad experimental consistió en un fruto de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*).

## 12.10. Análisis de datos

El efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de soluciones de MJ y pectina, sobre la pérdida de peso, acidez titulable, pH y sólidos solubles se determinó a través de un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el procedimiento de modelos lineales generales (GLM). Para cada uno de los efectos se realizó la comparación de medias usando la prueba de comparación de Tukey. Todos los análisis se realizaron en el paquete estadístico Minitab (Versión 17), considerando un valor de Alpha  $\leq 0.05$  como efecto significativo.

Los datos fueron ajustados mediante el siguiente modelo:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$y_{ijkl}$ , = Es la variable de respuesta.

$\mu$  = es la media general.

$\alpha_i$  = es el efecto del *i-ésimo* concentración de MJ.

$\beta_j$  = es el efecto del *j-ésimo* tiempo de almacenamiento.

$\gamma_k$  = es el efecto del *k-ésimo* temperatura de almacenamiento.

$(\alpha\beta)_{ij}$  = efecto de la interacción entre los factores concentración de MJ/concentración de pectina y tiempo de almacenamiento

$(\alpha\gamma)_{ik}$  = efecto de la interacción entre los factores concentración de MJ/concentración de pectina y temperatura de almacenamiento.

$(\beta\gamma)_{jk}$  = efecto de la interacción entre los factores tiempo de almacenamiento y temperatura de almacenamiento.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  = efecto de la interacción entre los factores concentración de MJ, tiempo de almacenamiento y temperatura de almacenamiento.

$\varepsilon_{ijkl}$  = efecto del error experimental

### 12.11. Análisis fisicoquímicos

En cada tratamiento (con metil jasmonato y recubrimientos con hidrocoloides), se determinaron parámetros fisicoquímicos como pérdida de peso, acidez titulable, pH, sólidos solubles totales.

#### 12.11.1. Pérdida de peso

En una balanza electrónica marca (VE-500) equilibrada (Figura 8), se pesaron cada uno de frutos de pitaya (*Stenocereus griseus*). Los valores fueron registrados en una base de datos del programa Excel y por diferencia de pesos se estimó la pérdida de peso del fruto.



Figura 8 Peso directo por unidad de frutos.

### 12.11.2. Acidez titulable

Se determinó como porcentaje de ácido cítrico por gramo de jugo de pulpa del fruto, para esto, la pulpa se trituró utilizando un mortero con pistilo, posteriormente se filtró utilizando manta de cielo para evitar el paso de las semillas, con una pipeta volumétrica de 10 mL y una perilla se tomó 10 mL del jugo de pitaya (*Stenocereus griseus*) para transferirlo en un matraz Erlenmeyer que se mezcló con 100 mL de agua destilada y 3 gotas de fenolftaleína; posteriormente, se realizó la valoración con *NaOH* a 0.1N (Figura 9), siguiendo el método establecido por la AOAC (1990).



Figura 9 Determinación de Acidez titulable.

El porcentaje de Acidez titulable se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de acidez} = \frac{V \times N \times meg \times 100}{M}$$

Donde:

$V$  = Volumen de álcali gastado en la titulación de una alícuota.

$N$  = Normalidad del álcali, generalmente 0.1

$Meg$  = Valor del miliequivalente en gramos del ácido en el que se quiere expresar la acidez

$M$  = Miliequivalente del Ácido Cítrico, 0.064

### **12.11.3. pH**

La medición de pH se realizó de manera directa utilizando un potenciómetro portátil marca PC 18, previamente calibrado con solución amortiguadora de pH 7. En un vaso que contenía 10 mL de jugo de pitaya se introdujo el electrodo y se registró el valor expresado como pH de la muestra, la medición se realizó por triplicado.

### **12.12. Sólidos Solubles Totales (SST)**

Se determinó la cantidad de sólidos solubles del jugo extraído de la pulpa de los frutos, mediante un refractómetro ABBE digital a 20°C colocándole una gota de pulpa en el prisma, se colocó la tapa, se llevó a la luz y se registró la lectura de los SST, el resultado se reportó como el por ciento (%) de sólidos solubles (AOAC, 1990).

## 13. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 13.1. Evaluación de propiedades físicas de frutos tratados con MJ y recubrimientos elaborados con hidrocoloides almacenados a dos temperaturas de refrigeración.

El daño por frío es un proceso fisiológico que se evidencia a partir de un conjunto de síntomas provocados por estrés por el almacenamiento a bajas temperaturas que afectan la calidad de la fruta y hortaliza. Frutos de pitaya (*Stenocereus griceus*) expuestos tanto con soluciones de metil jasmonato como de recubrimientos con hidrocoloides sometidos a temperaturas de refrigeración presentaron lesiones superficiales principalmente manchas, hundimientos y pérdida de firmeza, estos cambios físicos son similares a lo reportado por Rodríguez *et al.* (2005) en un estudio que consistió evaluar el comportamiento de los índices de madurez de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) durante el manejo poscosecha a dos temperaturas de almacenamiento, 8 y 19 °C por 25 días; los autores reportaron que los frutos presentaron color rojizo, arrugamiento y hundimientos.

#### 13.1.1. Evaluación física de frutos tratados con MJ refrigerados a 5°C

Los frutos tratados con MJ y almacenados a 5°C, se observó que aquellos que fueron tratados a una concentración de  $10^{-6}M$ , para el día 16, presentaron menor número de manchas y pérdida de forma, con respecto a frutos tratados a una concentración  $10^{-4} M$  (Figura 10). Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con lo reportado por Gatica *et al.* (2001) quienes evaluaron el efecto del Metil Jasmonato sobre las respuestas fisiológicas y bioquímicas de guayaba (*Psidium guajava* L) almacenadas a bajas temperaturas; los frutos sometidos a emulsiones de mayor concentración ( MJ  $10^{-5} M$ ) presentaron daño moderado

por frío aceptables para ser comercializados con respecto a los que fueron tratados con MJ  $10^{-4}$  M, a una temperatura de 5°C en un periodo de almacenamiento de 15 días.

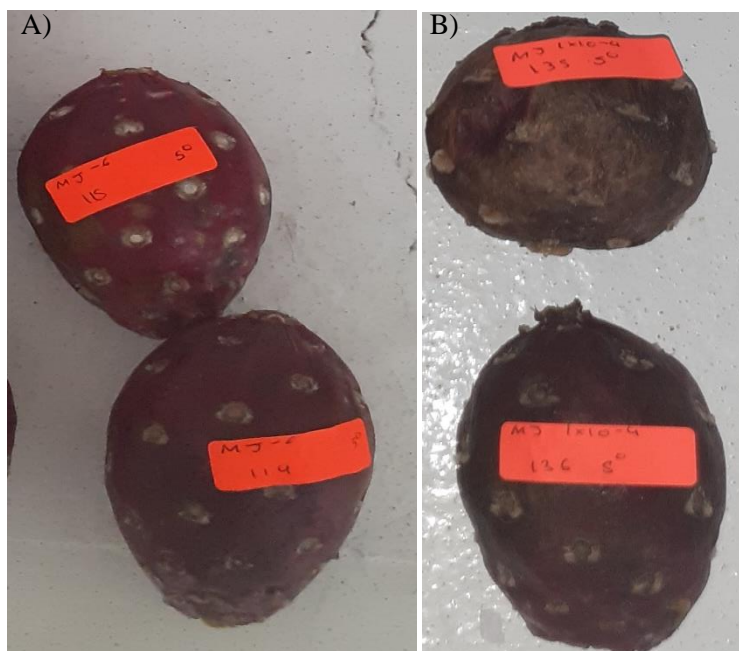


Figura 10 Evaluación física de frutos tratados con MJ a los 16 días de almacenamiento: A) MJ a  $10^{-6}$ M; B) MJ a  $10^{-4}$ M.

### 13.1.2. Evaluación física de frutos tratados con MJ refrigerados a 12 °C

Los frutos tratados con MJ y almacenados a 12 °C, se observó que aquellos que fueron sometidos a una concentración de  $10^{-4}$  M, para el día 12, presentaron menor cantidad de manchas de pigmentación marrón a negra y una textura más firme, a diferencia de aquellos tratados a una concentración de  $10^{-6}$  M, los cuales para el día 12 presentaron coloración de amarillas a negras y hundimientos (Figura 11). Franco, (2012) evaluó los daños por frío y calidad de frutos de pomelo (*Rio red*) sujetos a temperatura de acondicionamiento, encerado y metil jasmonato, obtuvo resultados similares a los de la presente investigación, quien reporta que los que fueron tratados a una concentración de MJ a  $10^{-3}$  M disminuyó la severidad por DF.

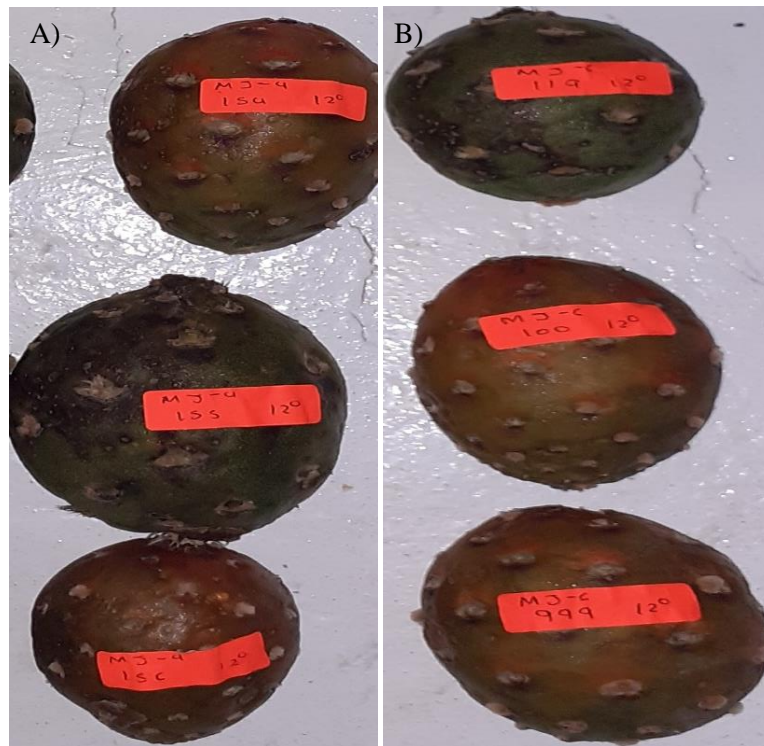
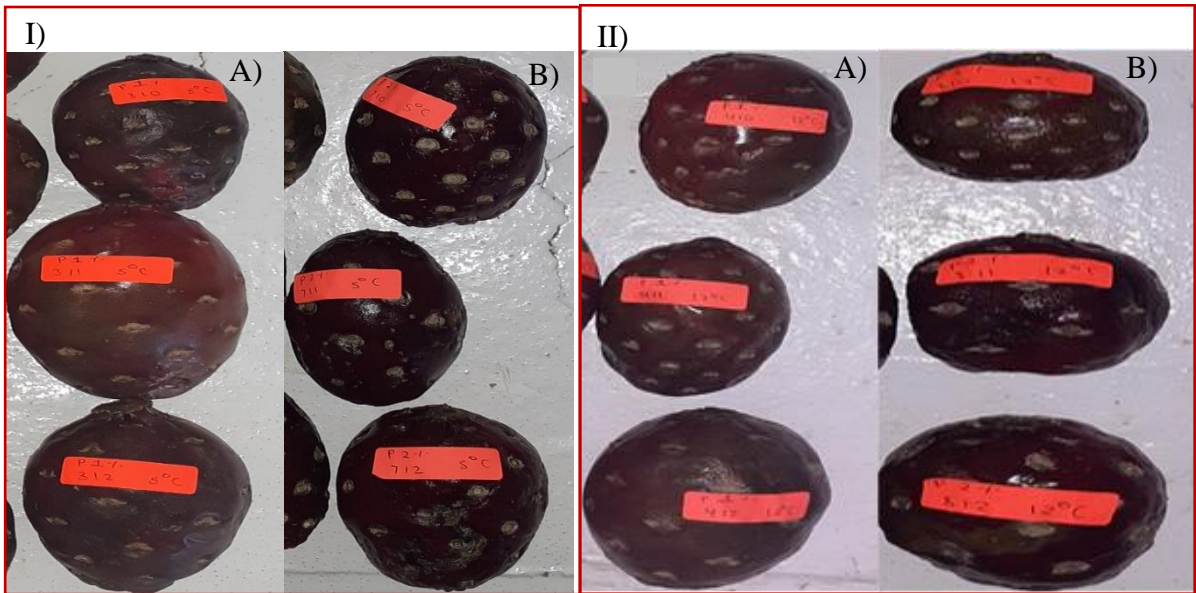


Figura 11 Evaluación física de frutos tratados con MJ a los 12 días de almacenamiento MJ: A) MJ a  $10^{-4}$ M; B) MJ a  $10^{-6}$ M.

### 13.1.3. Evaluación física en frutos tratados con recubrimientos elaborados con hidrocoloides refrigerados a 5 °C y 12 °C

Los frutos de pitaya tratados con el recubrimiento 1 compuesto por: Pectina (1%), CMC (0.4%), Glicerol (0.3%) y agua (98.3%) almacenados durante 12 días a 5 °C como a 12°C, presentaron menor daño por frío, manteniendo mayor firmeza y brillo, sin deformaciones y mínima aparición de manchas, en cambio aquellos que fueron cubiertos con recubrimiento 3 compuesto por: pectina (2%), CMC (0.4%), glicerol (0.3%) y agua (97.8 %) al mismo día de almacenamiento, presentaron mayores superficies rugosas (Figura 12). Este resultado es diferente a lo reportado por Cusme *et al.*, (2016), quienes evaluaron la vida Postcosecha de naranja almacenadas a temperaturas de 25 y 8°C con recubrimientos elaborados con hidrocoloides, donde frutos cubiertos con hidrocoloide compuesto por 3% de

CMC, 1% de goma arábica, 1% de glicerol y 95% de agua; presentaron daños por frío (manchas café y ablandamiento) hasta el día 28, esta diferencia puede ser atribuida a la composición física del fruto particularmente la cascara y el tipo de aditivo.



**Figura 12** Evaluación física de frutos tratados con recubrimientos elaborados con hidrocoloides: I) Frutos refrigerados a 5°C con recubrimiento 1 (A) y 3 (B); II) Frutos refrigerados a 12°C con recubrimiento 1 (A) y 3 (B).

### **13.2. Análisis fisicoquímicos en frutos tratados con MJ y recubrimientos elaborados con hidrocoloides**

### **13.3. Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de soluciones de metil jasmonato (MJ) sobre la pérdida de peso.**

Diferencias significativas fueron encontradas en la pérdida de peso debido a la concentración de metil jasmonato ( $p=0.000$ ), tiempo ( $p=0.000$ ) y temperatura de almacenamiento ( $p=0.000$ ) (Figura 13).

Los frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) presentaron pérdida de peso conforme transcurrían los días de almacenamiento, mayor pérdida de peso fue registrado a los 20 días de almacenamiento con un promedio de 29.7 g este comportamiento coincide con



lo reportado por Barriga, (2010) al evaluar la pérdida de peso en frutos de guayaba tratadas con diferentes concentraciones de Metil jasmonato y cloruro de calcio, quien observó pérdida de peso conforme aumenta el tiempo de almacenamiento; efecto similar fue observado en frutos de granada debido a jasmonato de metilo (Palomós, 2017).

Con respecto al efecto de la concentración de metil jasmonato sobre la pérdida de peso de frutos de pitaya (*Stenocereus griseus*), menor pérdida de peso fue registrado en frutos tratados con MJ a una concentración de  $10^{-6} M$ , este comportamiento es similar a lo reportado por Palomós, (2017) en frutos de granada impregnados con soluciones de  $1x 10^{-3} M$  y a  $1x 10^{-2} M$  de JM a dos temperaturas. Obteniendo como resultado que el tratamiento con JM a  $1x 10^{-2} M$  presentaron menor pérdida de peso frente al tratamiento con jasmonato de metilo al  $1x 10^{-3} M$ .

Resultados respecto a pérdida de peso en frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) debido a las temperaturas de almacenamiento, aquellos frutos almacenados a  $5^{\circ}C$  presentaron menor pérdida de peso; este resultado coincide con lo publicado por Zapata *et al.* (2016) al evaluar la pérdida de peso en calabacín tratados con Metil Jasmonato y ácido salicílico refrigerados a  $4^{\circ}C$  y  $12^{\circ}C$ , quienes reportaron que aquellos que fueron refrigerados a  $4^{\circ}C$  presentaron menor pérdida de peso.

El análisis de interacción indicó efecto significativo del tiempo – temperatura ( $p=0.027$ ) y concentración – temperatura ( $p=0.000$ ). Frutos que fueron almacenados durante 16 días a una temperatura de  $5^{\circ}C$  presentaron menor pérdida de peso con un promedio de 21.1675 g además bajo estas condiciones los frutos presentaron una apariencia general aceptable, así como aquellos frutos que fueron tratados con MJ a  $1x10^{-6} M$  y almacenados a

una temperatura de 5°C presentaron menor pérdida de peso con un promedio de 14.8833 g este resultado indica que la temperatura de refrigeración influye en la pérdida de peso del fruto.

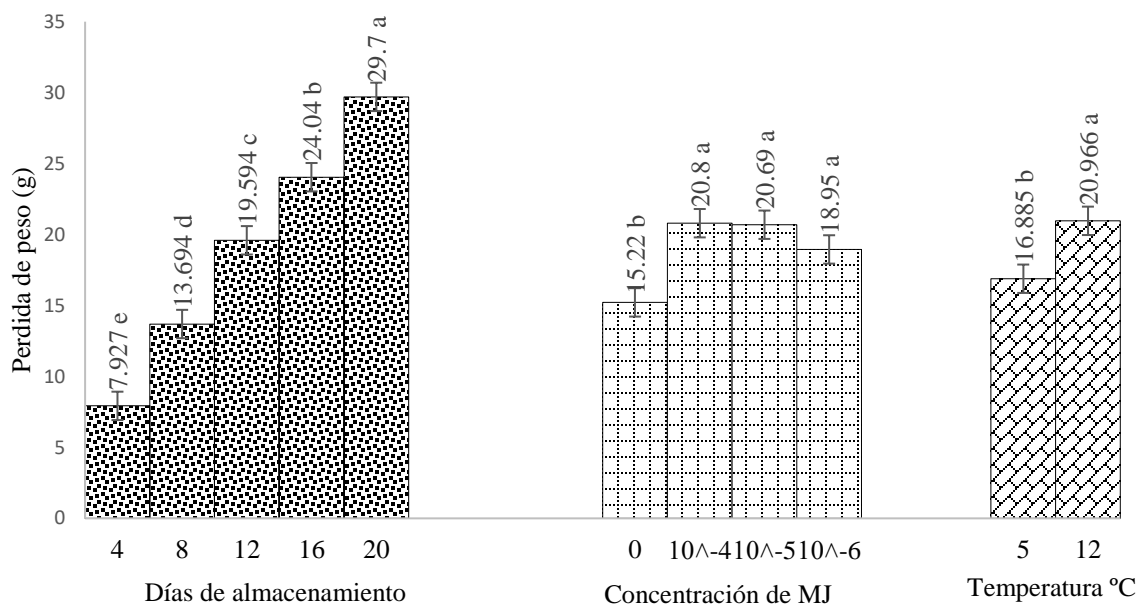


Figura 13 Valores de media de cuadrados mínimos de la pérdida de peso de pitayas de mayo (*Stenocereus griseus*) debido al tiempo, concentración de Metil jasmonato (MJ) y temperatura de almacenamiento.

Medias con letras diferentes, son estadísticamente diferentes.

#### 13.4. Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de soluciones de metil jasmonato (MJ) sobre la acidez titulable (At).

Diferencias significativas fueron encontradas en el porcentaje de acidez debido a la concentración de metil jasmonato ( $p=0.000$ ), tiempo ( $p=0.000$ ) y temperatura de almacenamiento ( $p=0.000$ ) (Figura 14)

El tiempo de almacenamiento presentó efectos significativos sobre la acidez de los frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) se observó que frutos almacenados hasta 16 días, la acidez incremento en menor porcentaje de acidez, aunque al día 12 de

almacenamiento se observó un incremento en la acidez esta variación puede ser atribuida a al grado de maduración de los frutos al inicio del experimento. Con respecto a la concentración de MJ en frutos que fueron tratados a una concentración de  $1 \times 10^{-6} \text{ M de MJ}$  presentaron menor porcentaje de acidez además se encontró que frutos refrigerados a una temperatura de  $5^{\circ}\text{C}$  presentaron menor porcentaje de acidez.

El análisis de interacción indico efecto significativo del tiempo – temperatura y concentración ( $p=0.000$ ). Frutos que fueron tratados a una concentración de MJ  $1 \times 10^{-6} \text{ M}$  y refrigerados a una temperatura de  $5^{\circ}\text{C}$  con un periodo de almacenamiento de 16 días presentaron menor porcentaje de acidez con un promedio de 6.8267. Los resultados obtenidos en el presente estudio respecto a días de almacenamiento son similares a lo reportado por Ghasemnezhad y Javaherdashti (2008), al evaluar el efecto del metil jasmonato (8, 16 y 24  $\mu\text{l/L}$  de MJ) sobre la capacidad antioxidante, calidad interna y vida postcosecha de la frambuesa almacenados a temperatura de refrigeración, quienes indicaron que frutos refrigerados a una temperatura de  $4^{\circ}\text{C}$  por siete días presentaron menor porcentaje de acidez (0.9%) y mayor valor en pH (3.93%) no así para la concentración de metil jasmonato ya que no encontraron efecto significativo sobre el porcentaje de acidez y pH.

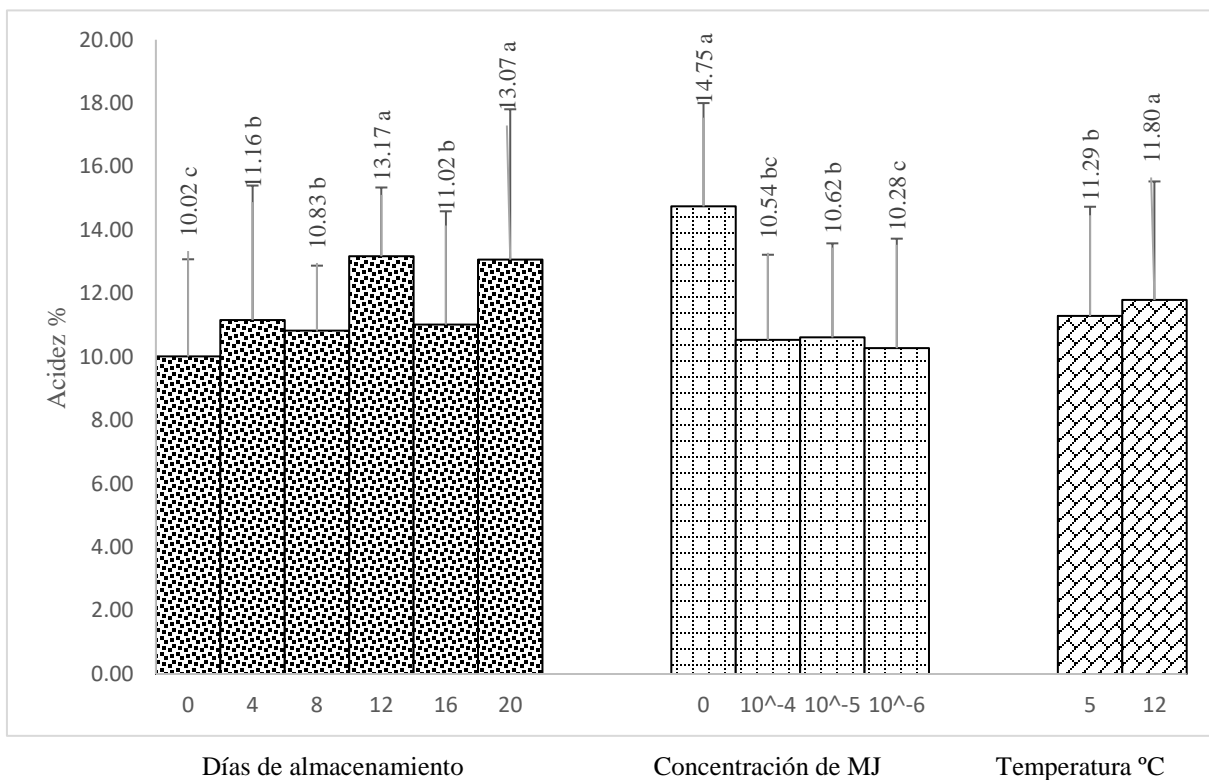


Figura 14 Valores de media de cuadrados mínimos de la acidez de pitayas de mayo (*Stenocereus griseus*) debido al tiempo, concentración de metil jasmonato (MJ) y temperatura de almacenamientos.

Medias con letras diferentes, son estadísticamente diferentes.

Resultados encontrados en la acidez titulable, expresada como porcentaje de ácido cítrico, en frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) con respecto a las temperaturas de almacenamiento permiten establecer que, a temperaturas superiores a 4°C, aumenta la acidez; mientras que, a menor temperatura, se presentan menores valores de esta variable. Los resultados obtenidos en el presente trabajo, son similares a lo publicado por González et al., (2007) al evaluar el efecto del Metil Jasmonato ((10)<sup>(-4M)</sup> Y (10)<sup>(-5M)</sup>) sobre las respuestas fisiológicas de guayaba almacenadas a temperaturas de 5°C y 25°C, obteniendo menores valores de acidez titulable con la menor temperatura de 5°C en comparación con la de 25°C con valores más altos de acidez. Esto es debido a que el aumento en el porcentaje de acidez titulable es

debido a la degradación de las sustancias pécticas y hemicelulosas, debilitándose las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen unidas las células (Karder, 2002). Por otro lado, los ácidos libres en los frutos aumentan al comenzar el crecimiento. a medida que aumenta la temperatura de almacenamiento, aumenta el contenido de ácido cítrico en el fruto, debido al consumo de los ácidos orgánicos en el proceso de respiración de la fruta, lo cual aumenta con la temperatura.

### **13.5. Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de soluciones de metil jasmonato (MJ) sobre los sólidos solubles totales (SST)**

Diferencias significativas fueron encontradas en los porcentajes de sólidos solubles totales (SST), expresados en °Brix, debido al tiempo de almacenamiento ( $p=0.000$ ), concentración de metil jasmonato (MJ) ( $p=0.000$ ), temperatura de almacenamiento ( $p=0.000$ ) y a la interacción de los tres factores ( $p= 0.000$ ) (Figura 15).

Aunque mayor contenido de sólidos solubles totales fue registrado a los 20 días de almacenamiento su apariencia general no era aceptable para su consumo y comercialización en cambio a los 12 días de almacenamiento los frutos conservaban su apariencia general y concentración de SST, efecto similar fue observado en frutos tratados con MJ a  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  y refrigerados a  $5^{\circ}\text{C}$ . La variación progresiva de SST no visto en frutos de pitaya puede ser atribuido a que estos frutos pertenecen a las frutas no climatéricas, que se caracterizan por presentar cambios mínimos debido a la relación inversamente proporcional entre la acidez y los sólidos solubles totales, es decir, a medida que madura la fruta, la acidez y los contenidos de almidón disminuyen y los sólidos solubles se incrementan (Rincón, 2014).

El análisis de interacción presentó efecto significativo ( $p=0.000$ ) sobre la concentración de SST donde frutos tratados con MJ a concentración de  $1 \times 10^{-6} \text{M}$  refrigerados a  $5^\circ\text{C}$  por 12 días presentaron una concentración promedio de SST de  $9.4^\circ\text{Brix}$ .

La concentración de SST durante el almacenamiento presentó un incremento menor este resultado puede ser atribuido a que los frutos de pitaya (*Stenocereus griseus*) pertenecen a la categoría de frutos no climatéricos que se caracterizan por presentar cambios mínimos

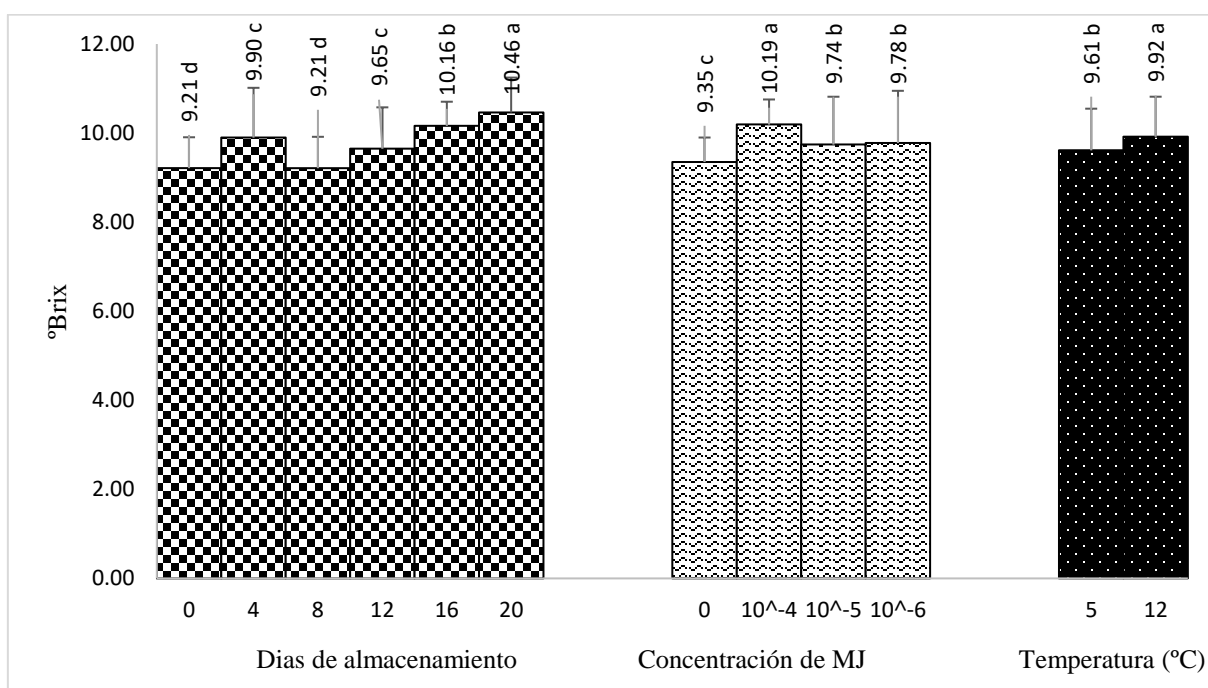


Figura 15 Valores de media de cuadrados mínimos de los sólidos solubles ( $^\circ\text{Brix}$ ) de pitayas de mayo (*Stenocereus griseus*) debido al tiempo, concentración de metil jasmonato (MJ) y temperatura de almacenamientos.

Medias con letras diferentes, son estadísticamente diferentes.

### **13.6. Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de soluciones de metil jasmonato (MJ) sobre el PH**

Diferencias significativas fueron encontradas sobre el potencial de hidrógeno (pH) debido al tiempo de almacenamiento ( $p=0.00$ ), concentración de metil jasmonato (MJ) ( $p=0.000$ ), temperatura de almacenamiento ( $p=0.000$ ) y a la interacción de los tres factores (Figura 16).

Variación del pH fue observado durante los días de almacenamiento, esta característica puede ser atribuido al grado de maduración inicial del fruto, sin embargo, al día 16 de almacenamiento se registró un valor de 5.24 de pH inferior al pH inicial, pero con apariencia general aceptable para su consumo, con respecto a la concentración de MJ frutos que fueron tratados a una concentración de  $1 \times 10^{-6} M$  presentaron un pH similar al pH inicial del fruto; característica que se deseaba conservar. Frutos que fueron almacenados a una temperatura de  $5^{\circ}C$  presentaron mayor pH similar al pH inicial del fruto. Lo resultados obtenidos en el presente son similares a lo reportado por Ghasemnezhad y Javaherdashti (2008) quienes evaluaron el efecto del metil jasmonato (8,16 y 24 M de MJ) sobre la capacidad antioxidante, calidad interna y vida postcosecha de la frambuesa a una temperatura de refrigeración de  $4^{\circ}C$ , indicaron diferencia significativa durante los días de almacenamiento pero no para la concentración de MJ utilizada, es decir que el pH al final de experimento es similar al pH inicial.

“El pH muestran la misma tendencia que la de acidez, el tratamiento con mayor contenido de acidez tiene valores de pH más bajos” por lo que realizando comparaciones se tiene esa misma tendencia para acidez y pH, en este estudio.

El análisis de interacción presentó efecto significativo sobre la concentración de iones de hidrogeno expresados como pH ( $p=0.000$ ), donde frutos tratados con MJ a una concentración de  $1 \times 10^{-6}$  M refrigerados a  $5^{\circ}\text{C}$  por 16 días presentaron un valor promedio de pH de 5.37667 similar al pH inicial del fruto (5.59), característica deseable en el experimento con la finalidad de conservar el sabor de la pitaya. El efecto no significativo del MJ sobre el pH fue reportado también por González (2007) al evaluar el efecto del Metil Jasmonato ( $10^{-4}\text{M}$  Y  $10^{-5}\text{M}$ ) en frutos de guaya refrigeradas a  $5^{\circ}\text{C}$ ; esta característica del MJ sobre el pH es favorable porque no altera significativamente el pH del fruto y por ende el sabor tampoco.

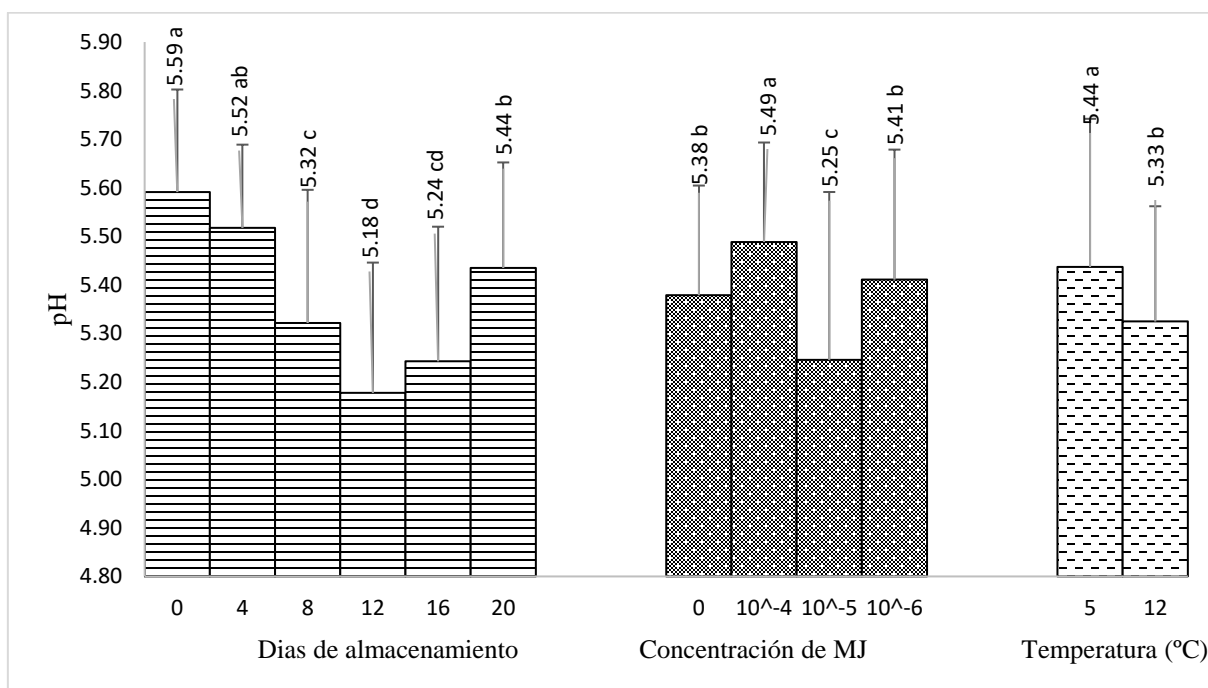


Figura 16 Valores de media de cuadrados mínimos del pH de pitayas de mayo (*Stenocereus griseus*) debido al tiempo, concentración de metil jasmonato (MJ) y temperatura de almacenamiento.

Medias con letras diferentes, son estadísticamente diferentes.



### **13.7. Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de recubrimientos elaborados con hidrocoloides sobre la pérdida de peso en frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*)**

Diferencias significativas fueron encontradas en la pérdida de peso debido a la concentración de recubrimientos con hidrocoloides ( $p=0.005$ ) y tiempo ( $p=0.000$ ) mas no para la temperatura de almacenamiento ( $p= 0.278$ ) (Figura 17). El análisis de interacción indicó efecto significativo entre concentración – temperatura ( $p=0.000$ ) sobre la pérdida de peso.

Los frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) presentaron pérdida de peso conforme transcurrían los días de almacenamiento, mayor pérdida de peso fue registrado a los 16 días de almacenamiento con un promedio de 18.1338 g este comportamiento coincide con lo reportado por Márquez *et al.* (2009) quienes evaluaron pérdida de peso en frutos de níspero japonés tratados con recubrimientos comestibles a base de (quitosano y sucroester de ácidos grasos) con un periodo de almacenamiento de 16 días, quienes observaron pérdida fisiológica de peso de los frutos conforme aumentaba el tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos; efecto similar fue observado en frutos de guayaba cubiertos con gelatina carboximetilcelulosa (0.08, 0.50 y 0.90%) almacenados por 15 días (Sánchez *et al.* 2010).

Con respecto al efecto de la concentración de recubrimientos con hidrocoloides sobre la pérdida de peso en frutas de pitaya (*Stenocereus griseus*) menor pérdida de peso fue registrada en frutos tratados con recubrimiento 3 (2% de pectina, 0.4% de CMC, 0.3% de glicerol y 97.3% de agua), este comportamiento es similar a lo reportado por González *et al.* (2021) en frutos de guayaba con recubrimiento comestible a base de Proallium Brill® (0

$g\ l^{-1}$ ,  $7g\ l^{-1}$ ,  $14g\ l^{-1}$  y  $21g\ l^{-1}$ ), quienes obtuvieron como resultado que el tratamiento de  $21g\ l^{-1}$  de Proallium Brill® presentaron menor pérdida de peso. Aunque no se encontró efecto significativo de la temperatura de refrigeración sobre la pérdida de peso, frutos que fueron almacenados a una temperatura de  $5^{\circ}C$  presentaron menos pérdida de peso (Figura x). Este resultado coincide con la investigación realizada por Enciso y Hortua, (2010) al evaluar la pérdida de peso en fresa tratados con películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya a  $18^{\circ}C$  y  $7^{\circ}C$ , quienes reportan que aquellos que fueron refrigerados a  $7^{\circ}C$  presentaron menor pérdida de peso. A pesar de la evaluación de factores individuales la temperatura de refrigeración no presentó efecto significativo sobre la pérdida de peso; el análisis de interacción indicó efecto significativo de la concentración - temperatura ( $p=0.000$ ) donde frutos que fueron tratados con recubrimiento 3 compuesto con 2% de pectina, 0.4% de CMC, 0.3% de glicerol y 97.3% de agua y almacenados a una temperatura de  $5^{\circ}C$  presentaron menor pérdida de peso con un promedio de 11.4042 g este resultado indica que la concentración y temperatura de refrigeración influye en la pérdida de peso del fruto.

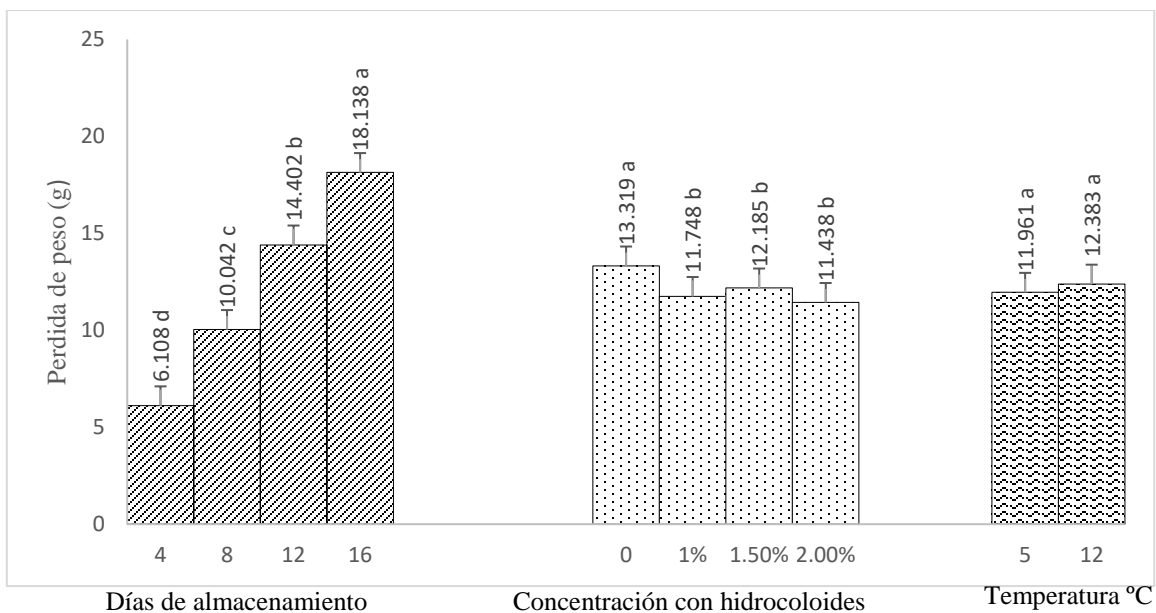


Figura 17 Valores de media de cuadrados mínimos de la pérdida de peso de pitayas de mayo (*Stenocereus griseus*) debido al tiempo, concentración de hidrocoloides y temperatura de almacenamientos.

Medias con letras diferentes, son estadísticamente diferentes.

### 13.1. Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de recubrimientos elaborados con hidrocoloides sobre la acidez en frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*)

Diferencias significativas fueron encontradas en el porcentaje de acidez debido a la concentración de recubrimientos elaborados con hidrocoloides ( $p= 0.000$ ) tiempo ( $0.000$ ) y temperatura de almacenamiento ( $p= 0.012$ ) (Figura 18).

El tiempo de almacenamiento presentó efecto significativo sobre la acidez de los frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) se observó que frutos almacenado a 12 días, la acidez incrementó en menor porcentaje de acidez, aunque al día 4 de almacenamiento se observó un incremento en la acidez. Con respecto a la concentración de recubrimientos elaborados con hidrocoloides, frutos que fueron tratados con recubrimiento 3 compuesto por

2% de pectina, 0.4 % de CMC, 0.3% de glicerol y 97.3% de agua presentaron menor porcentaje de acidez. Con respecto a la temperatura de refrigeración, aunque menor porcentaje de acidez fue registrado a 12°C de temperatura su apariencia física no era favorable para consumo ni comercialización incluso presentaba crecimiento de hongos, en cambio los que fueron refrigerados a 5°C presentaron una apariencia general aceptable para su consumo y comercialización a los 12 días de almacenamiento porque a partir del día 16 se observó crecimiento de hongos.

El análisis de interacción indicó efecto significativo del tiempo – concentración - temperatura ( $p= 0.000$ ). Frutos que fueron tratados con recubrimiento 3 (2% de pectina, 0.4 % de CMC, 0.3% de glicerol y 97.3% de agua) refrigerados a una temperatura de 12°C con un periodo de almacenamiento de 12 días presentaron menor porcentaje de acidez con promedio de 10.8800.

Los resultados encontrados determinan que la acidez aumenta conforme transcurren los días de almacenamiento, estos resultados coinciden con lo reportado con González *et al.* (2021) quienes reportaron que los frutos de guayaba tratados con biopelículas de Proallium Brill®, el porcentaje de acidez aumenta durante el almacenamiento además resultado similar fue reportado debido a la concentración de Proallium Brill®.

El efecto significativo de la temperatura sobre la acidez del fruto encontrado en el presente trabajo difiere con lo reportado por López, Cuatin, Andrade, & Osorio (2015) al evaluar recubrimientos comestible a base de proteína de lactosuero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica de uchuva a temperaturas de 17°C y 4°C, quienes no encontraron efecto significativo sobre el porcentaje de acidez .

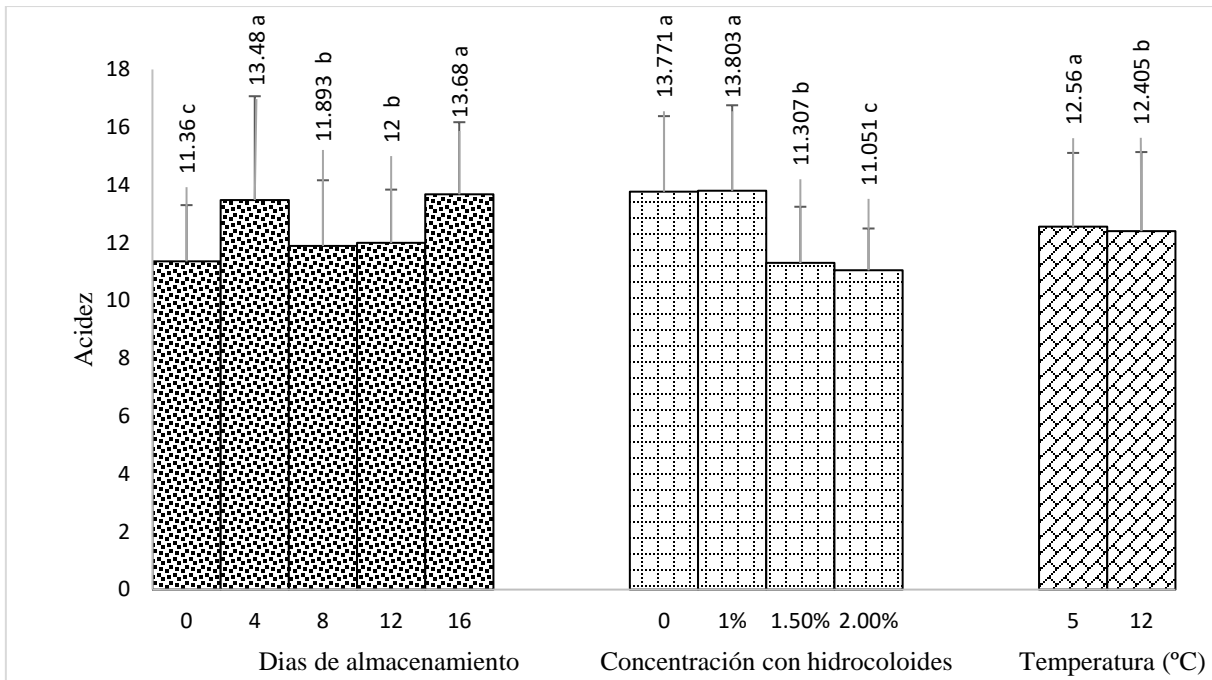


Figura 18 Valores de media de cuadrados mínimos de la Acidez titulable de pitayas de mayo (*Stenocereus griseus*) debido al tiempo, concentración de hidrocoloides y temperatura de almacenamientos.

Medias con letras diferentes, son estadísticamente diferentes.

### 13.1. Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y concentración de recubrimientos elaborados con hidrocoloides sobre los sólidos solubles totales (SST) en frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*)

Diferencias significativas fueron encontradas entre la concentración sólidos solubles totales (SST), expresados en °Brix, debido al tiempo de almacenamiento ( $p=0.000$ ), concentración de recubrimientos elaborados con hidrocoloides ( $p=0.000$ ), temperatura de almacenamiento ( $p= 0.000$ ) y la interacción de los tres factores ( $p=0.000$ ) (Figura 19).

El tiempo de almacenamiento presentó efecto significativo sobre los SST de los frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*), aunque mayor contenido de solidos solubles totales

fue registrado a los 8 días de almacenamiento se observó apariencia general aceptable a los 12 días de almacenamiento además la concentración de SST es similar a los 8 días. Con respecto a la aplicación de recubrimientos se observó que frutos tratados con recubrimiento 2 (1.5% de pectina, 0.4% de CMC, 0.3% de glicerol y 97.8% de agua) presentaron en mayor concentración de SST similar al primer día de almacenamiento, esta característica se observó en frutos almacenados a 5°C.

El análisis de interacción indicó efecto significativo del tiempo – concentración – temperatura sobre la concentración de sólidos solubles totales. Frutos que fueron tratados con recubrimiento 2 (1.5% de pectina, 0.4% de CMC, 0.3% y 97.8% de agua) refrigerados a 5°C durante 12 días de almacenamiento presentaron un promedio de 10.4000 en SST poco superior a la concentración de SST al primer día de almacenamiento.

Se observó que la concentración de SST en los frutos de pitaya (*Stenocereus griseus*) recubiertos no aumento progresivamente con respecto al tiempo de almacenamiento, registrando un promedio de 10.4000 °Brix; esto puede deberse a que la pitaya (*Stenocereus griseus*) pertenece a las frutas no climatéricas, por lo que existen cambios mínimos que se deben a la relación inversamente proporcional entre la acidez y los sólidos solubles totales, es decir, a medida que madura la fruta, la acidez y los contenidos de almidón disminuyen y los sólidos solubles se incrementan (Rincón, 2014).

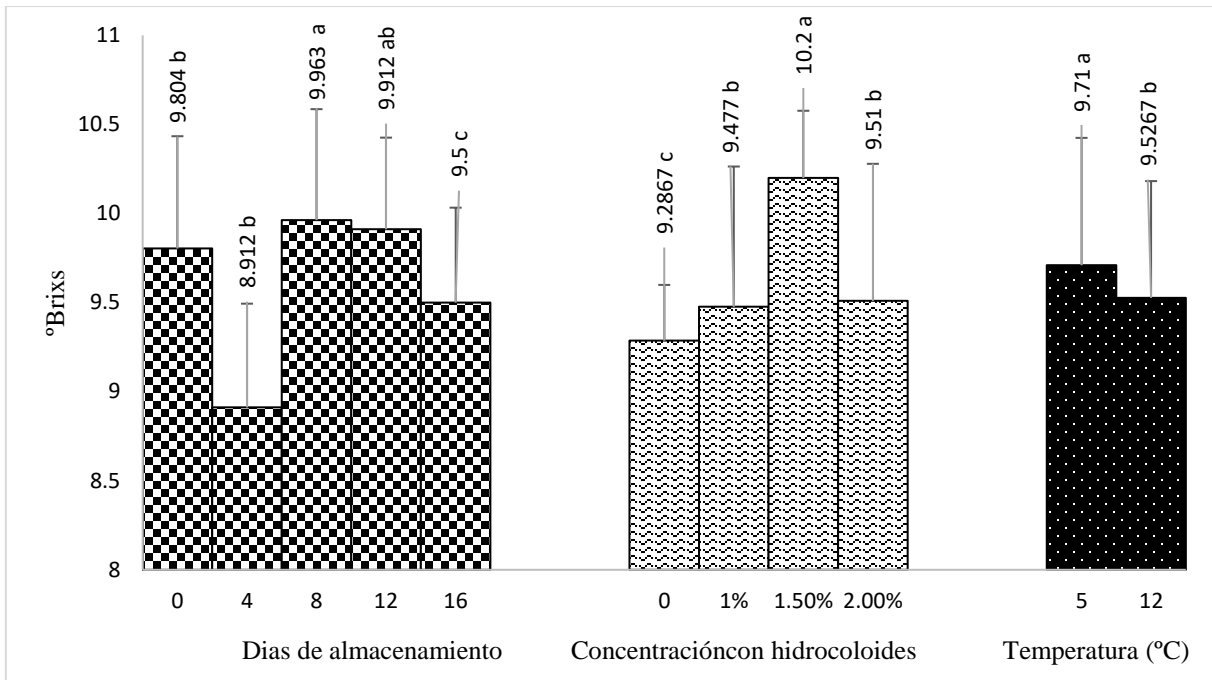


Figura 19 Valores de media de cuadrados mínimos de los sólidos solubles totales (°Brix) de pitayas de mayo (*Stenocereus griseus*) debido al tiempo, concentración de hidrocoloides y temperatura de almacenamientos.

Medias con letras diferentes, son estadísticamente diferentes.

### 13.2. Efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y recubrimiento con hidrocoloides sobre el pH en frutos de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*)

Diferencias significativas fueron encontradas sobre el potencial de hidrógeno (pH) debido al tiempo de almacenamiento ( $p=0.00$ ), concentración de recubrimientos con hidrocoloides ( $p=0.000$ ), temperatura de almacenamiento ( $p=0.000$ ) y a la interacción de los tres factores ( $p=0.000$ ). (Figura 20).

Variación del pH fue observado durante los días de almacenamiento, el pH alto registrado al inicio del almacenamiento puede ser atribuido al grado de maduración inicial del fruto. A pesar de un pH bajo (4.8375) a los 12 días de almacenamiento los frutos

presentaban apariencia general viable para su consumo y comercialización a diferencia de los frutos almacenando hasta 16 días quienes presentaron características sensoriales no aptas para el consumo y comercialización. En cambio, al día 12 de almacenamiento se registró un valor de 4.83 de pH, aunque este valor es inferior al pH inicial, los frutos presentaron apariencia general aceptable para su consumo. La variación de pH durante el almacenamiento registrado en el presente estudio coincide con lo reportado por García *et al.*, (2019) quienes evaluaron el efecto de recubrimientos comestibles de Aloe vera y alginato de sodio (1,5% (p/p) de alginato y 100:0, 75:25, 50:50, y 25:75 de alginato y aloe vera) en frutos de fresa, observaron diferencias significativas ( $p=0.05$ ) entre el pH de las muestras durante los días de almacenamiento.

Con respecto a los recubrimientos con hidrocoloides, frutos que fueron tratados con recubrimiento 2 (1.5% de pectina, 0.4% de CMC, 0.3% y 97.8% de agua) presentaron un pH cercano al pH inicial del fruto; característica que se desea conservar además a esta concentración los frutos presentaban una apariencia general aceptable para el consumo y comercialización. Aunque frutos almacenados a 12°C presentaron un pH cercano al pH inicial; la apariencia general no se consideraba apta para su consumo y comercialización; en cambio los frutos almacenados a 5°C aunque presentaron un menor pH la apariencia general de los frutos era aceptable.

..

El análisis de interacción presentó efecto significativo sobre la concentración de iones de hidrogeno expresados como pH ( $p=0.000$ ), donde frutos tratados con recubrimiento 2 (1.5% de pectina, 0.4% de CMC, 0.3% y 97.8% de agua) refrigerados a 5°C por 12 días presentaron un valor promedio de pH de 4.85333 a pesar de que este valor es inferior al pH



inicial del fruto (5.5075), los frutos presentaron apariencia general aceptable para consumo y comercialización.

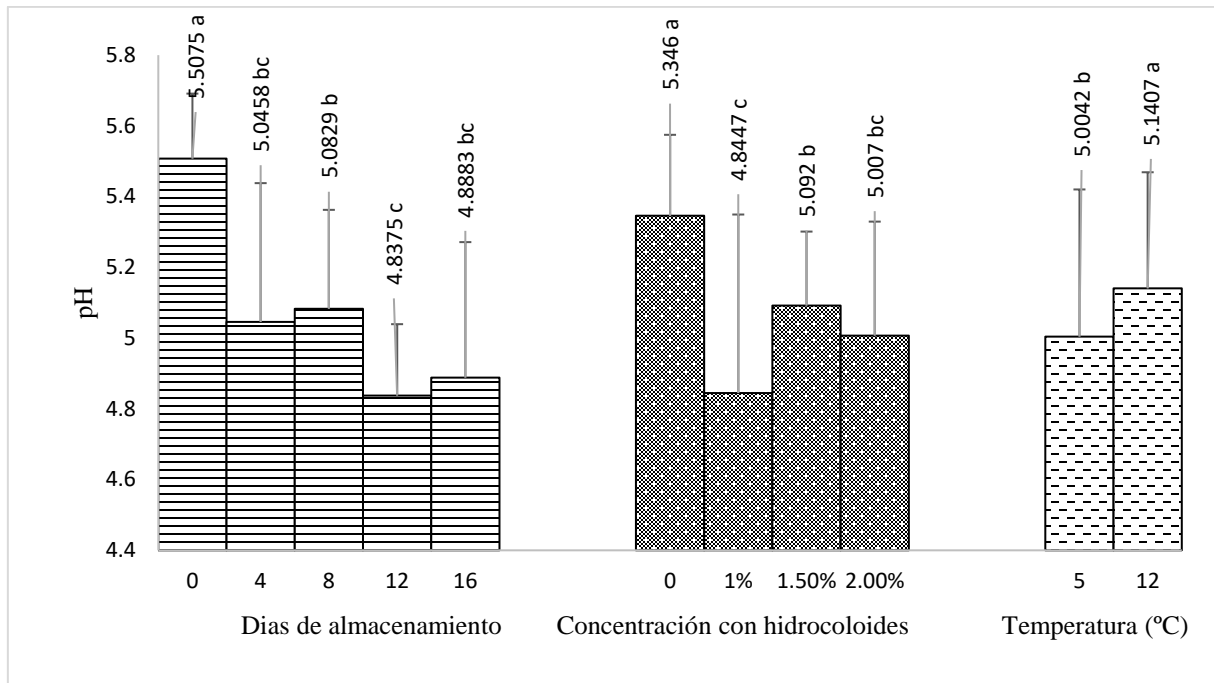


Figura 20 Valores de media de cuadrados mínimos del PH de pitayas de mayo (*Stenocereus griseus*) debido al tiempo, concentración de hidrocoloides y temperatura de almacenamientos.

Medias con letras diferentes, son estadísticamente diferentes.

## 14. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que la temperatura de refrigeración influye en la pérdida de peso del fruto además que usar MJ a una concentración de  $1 \times 10^{-6}$  M y refrigerarlos a 5 °C por 16 días, los frutos conservan apariencia aceptable para consumo y comercialización a diferencia en utilizar recubrimientos con hidrocoloides a base de pectina, glicerol y Carboximetilcelulosa, siendo los recubrimientos 2 (1.5% de pectina, 0.4% de CMC, 0.3% y 97.8% de agua) y 3 (2% de pectina, 0.4 % de CMC, 0.3% de glicerol y 97.3% de agua) los que presentaron efecto en las características fisicoquímicas sin embargo a los 12 días de almacenamiento a una temperatura de 5 °C, los frutos presentaron deterioro que limita su consumo y comercialización.

## **15. RECOMENDACIONES**

Evaluar nuevas concentraciones de MJ y polisacáridos diferentes a la pectina en otros frutos de la región.

Utilizar un recubrimiento en los frutos y almacenar a una temperatura de 5°C ya que bajo estas condiciones se prolonga la vida de anaquel del fruto además contrarresta los daños por frío.

## 16. REFERENCIAS

- Aguilar Morales. (2012). Clasificación de los sistemas y métodos de conservación de alimentos. En Métodos de conservación de alimentos (192). Viveros de Asís 96: Ma. Eugenia Buendía López.
- Agrawal, G.; Tamogami, S.; Han, O.; Iwahashi, H. and Rakwal, R. (2004). Rice octadecanoid pathway. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 317:1-15.
- Arias, C y Toledo, J. (2007). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (papaya, piña, plátano y cítricos). (1ra. Ed.). Roma, Italia: FAO
- Arias, S., Gama-Lopez, S., Guzman-Cruz, U., & Vázquez-Benites, B. (2012). Flora Del Valle de Tehuacán-Cuicatlan Fasciculo 95. Cactaceae Juss. Mexico, D.F.: Departamento de Botanica.
- Arreola, N.H. (1999). Taxonomía del pitayo *Stenocereus B.R.* En: E. Pimienta B. El pitayo en Jalisco y especies afines en México. Universidad de Guadalajara. Fundación Produce Jalisco A. C. P.234.
- Artés, F. (1995). Innovaciones en los tratamientos físicos modulados para preservar la calidad de los productos hortofrutícolas en la postrecolección. I Pretratamientos térmicos. *Rev. Esp. Ciencia Tecnol. Alim.* 35: 45-64, 35: 139-149 y 35: 247-269.
- Artés Calero, Francisco, Artés Calero, (2002). Daños por frío en la postrecolección de frutas y hortalizas. En: Congreso Español de Ciencias y Técnicas del Frío. Avances en Ciencias y Técnicas del Frío-1. Cartagena: Universidad Politécnica. Sociedad Española de Ciencias y Técnicas del Frío. 2002. pp.299-310
- Baldwin, E.A. (2005). Edible coatings. In: Ben-Yehoshua, S., editor. *Environmentally Friendly Technologies for Agricultural Produce Quality*. CRC Taylor & Francis Group Boca Raton, FL. p. 301-314.

- Bapat, V.A., P.K. Trivedi, A. Ghosh, V.A. Sane, T.R. Ganapathi y P. Nath. (2010). Ripening of fleshy Fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnol. Adv.* 28, 94-107. Doi: 10.1016/j.biotechadv. (2009).10.00
- Barriga Téllez, L. M. (2010). Efecto del metil jasmonato y cloruro de calcio sobre las propiedades del fruto de guayaba (*Psidium guajava*) monitoreadas con ensayos destructivos y no destructivos.
- Berger, S. (2002). Jasmonate-related mutants of *Arabidopsis* as tools for studying stress signaling. *Planta.* 214:497-504.
- Blandón Navarro, S. (2012). Fisiología de Poscosecha. *Managua, UNI.*
- Bonilla González, F. A. (Diciembre de 2010). Plan de Negocios Para Comercializar la Pitaya de Mayo. Producida en San José Chichihualtepec. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Huajuapán de León, Oaxaca, Mexico.
- Bowler, C., Vancamp, N. Inze, D. (1994). S.O.D in plants. Review. *Critical Reviews in Plant Science* 13:199-218.
- Bravo-Hollis, H. (1978). *Las Cactáceas de México*. 2<sup>a</sup>. Ed. Instituto de Biología. UNAM. México. Pp 62-83.
- Bravo, H.H. Y H. Sánchez M. (1991). *Las cactáceas de México*. 3. Ed. Vol. 1 Y 3. UNAM, México. Pp 643.
- Burgos, N. B. (2013). Desarrollo de bionanocompuestos en base a poli (ácido láctico) y plastificantes de alta compatibilidad para el envasado de alimentos (Doctoral dissertation, Universitat d'Alacant-Universidad de Alicante).

- Chávez, L.; Álvarez, A. y Ramírez, R. (2012). Apuntes sobre algunos reguladores del crecimiento vegetal que participan en la respuesta de las plantas frente al estrés abiótico. *Cultivos Tropicales*. 33:47-56.
- Cheong, J. J., & Do Choi, Y. (2003). Methyl jasmonate as a vital substance in plants. *TRENDS in Genetics*, 19(7), 409-413.
- Cusme, R. K. L., Gallo, F. W. M., Cedeño, Á. D. J. P., García, M. A. M., & Villavicencio, C. M. M. (2016). Evaluación postcosecha de naranjas almacenadas con agentes de recubrimiento. *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, 7(1), 59-65.
- Enciso, N. A. A., & Hortua, N. S. (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *Nova*, 8(14), 171-182.
- Eum.H. Hwang. D., Linke, M., Lee, S y Zude, M. (2009). Influence of edible coating on quality of plum (*Prunus salicina* Lindl. Cv. "SappH ire"). *European Food Research and Technology*. 229 (3). 427-434.
- Fallik, E. (2004). Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). *Postharv. Biol. Technol.* 32:125-134
- Fernández, N., Echeverría, D. C., Mosquera, S. A., & Paz, S. P. (2017). Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 15(2), 134-141.
- Franco Gaytán, I. (2012). Daños por frío y calidad de frutos de pomelo Río Red sujetos a temperaturas de acondicionamiento, enserado y metil jasmonato (Master's thesis).
- García Muñoz, M. C. (2003). Uchuva cosecha y postcosecha (No. Doc. 20578) \* C0-BAC, Santafé de Bogotá).

- García-Figueroa, A.G.; Ayala-Aponte, A.; Sánchez-Tamayo, M.I. (2019). Efecto de recubrimientos comestibles de Aloe vera y alginato de sodio sobre la calidad postcosecha de fresa. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 22(2): e1320.
- Gatica, R. Z. (2001). Efecto del Metil jasmonato en las Respuestas Fisiológicas Y Bioquímicas de Guayaba (*Psidium guajava* L.) Almacenada a Bajas Temperaturas.
- González-Aguilar, GA y Zavaleta-Gatica, R. y Tiznado-Hernández, ME (2007). Efecto del metil jasmonato en las respuestas fisiológicas de guayaba (*Psidium guajava*) almacenada a bajas temperaturas. Revista Chapingo Serie Horticultura, 13 (1), 63-69.
- González-Chavarro, C. F., Pulido-Blanco, V. C., Pantoja-Espinosa, D. C., & Portilla-Fuentes, F. (2021). Efecto de un recubrimiento comestible comercial sobre las características fisicoquímicas de frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) bajo condiciones de almacenamiento. Información Tecnológica, 32(3), 69–78. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642021000300069>.
- Ghanbarzadeh, B. y H. Almasi. (2011). Physical properties of edible emulsified films based on carboxymethyl cellulose and oleic acid, International Journal of Biological Macromolecules
- Ghasemnezhad, M., & Javaherdashti, M. (2008). Effect of methyl jasmonate treatment on antioxidant capacity, internal quality and postharvest life of raspberry fruit. Caspian Journal of Environmental Sciences, 6(1), 73-78.
- Jiang, Y. y J. Fu. (2000). Ethylene regulation of fruit ripening molecular aspects. Plant. Growth Regul. 30, 193-200. Doi: 10.1023/a: 1006348627110
- Jordan, M. y Casaretto, J. (2006). Hormonas y reguladores del crecimiento: etileno, ácido abscísico, brasinoesteroides, poliaminas, ácido salicílico y ácido jasmónico. Fisiología Vegetal. Ediciones Universidad de la Serena, La Serena. 16 p.

- Kader, A. (2002). Postharvest biology and technology: An overview. En Kader, A. (Ed) postharvest of horticultural crops, (pp. 39-48). Oakland, California, USA: University of California.
- Kesari, R., P. Trivedi y P. Nath. (2007). Ethylene-induced ripening in banana evokes expression of defense and stress related genes in fruit tissue. *Postharv. Biol. Technol.* 46, 136-143. Doi: 10.1016/j.postharvbio.2007.04.010
- López, A. O. (2011). Frutales: Recursos Fitogenéticos potenciales de Acatlán y sus áreas de influencia. (Tesis de licenciatura) Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, Puebla
- López, R.; Dathe, W.; Miersch, O. y Sembdner, G. (1985). Determinación del ácido jasmónico en semillas inmaduras de soya glycinemax. *Ciencias de la Agricultura.* 23:123-124.
- Lopes, I.A.; Santos J.J.; Da Silva, D.C.; Da Silva, L.J.S.; Barros, A.K.; Villa-Vélez, H.A.; Santana, A.A. (2017). Characterization of Pectin Biofilms with the Addition of Babassu Mesocarp and Whey protein concentrate. *American Journal of Materials Science* 7(3): 64-70
- Lopez, D. F., Cuatin, L., Andrade, J. C., & Osorio, O. (2015). Evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteínas de lactosuero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de ingeniería agroindustrial.
- Lurie, S. (1998). Postharvest heat treatment. *Postharv. Biol. Technol* 14: 257-269.
- Marcellin, P. (1992). Les maladies physiologiques du froid. En: Les végétaux et le froid. Ed. D. come. Edit. Hermann. Paris. 53-105.
- Martínez, G. J. C. y Bonilla, B. J. J. (2004). Situación de la pitaya de mayo *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxbaum en tres localidades de la Mixteca Baja. *Revista de Geografía Agrícola* 34, pp. 75-90. Chapingo, México.



- Marquez , C., Cartagena, J., & Pèrez, M. (2009). Effect of Edible Coatings on Japanese Loquat (Eriobotrya japonica T.) Postharvest Quality. Colombia: Universidad de Antioquia.
- Meir, S., Akerman, M., Fuchs, Y., Zauberman, G. (1995). Further studies on the controlled atmosphere storage of avocados. Postharv. Biolo. Technol. 5: 323-330.
- Mizrahi, Y., Nerd, A., Nobel, P.S. (1997). Cacti as crops. Horticultural reviews. 18:291-320.
- Olmo Axayacatl. (08 de enero del 2022). Estadísticas de producción de pitaya en México [mensaje en un blog]. Blog Agricultura. Recuperado de [https://blogagricultura.com/estadisticas-pitaya-mexico/#:~:text=En%202020%20la%20producci%C3%B3n%20de,por%20hect%C3%A1rea%20\(%2D12.6%25\)](https://blogagricultura.com/estadisticas-pitaya-mexico/#:~:text=En%202020%20la%20producci%C3%B3n%20de,por%20hect%C3%A1rea%20(%2D12.6%25))
- Palamós Claramunt, D. (2017). Efecto Sobre la Calidad Postcosecha de Granada Ecológica por la Aplicación de Jasmonato de Metilo . Orihuela: Universidad Miguel Hernández de el Elche.
- Peñañiel Campaña, J. P. (2013). Efecto de la utilización de emulsificantes (esteáril lactilato de sodio, monoglicérido destilado al 90%) en la textura de barras energéticas de amaranto (Amaranthus caudatus) reventada variedad INIAP-ALEGRÍA (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Bioquímica).
- Peñuela, A. E. (2004). Cambios físicos y químicos que ocurren durante el crecimiento y maduración de los productos hortifrutícolas y su relación con la calidad. JM Rojas, AE Peñuela, CR Gómez, GE Aristizabal, MC Chaparro, & JA López, Caracterización de los productos hortifrutícolas colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad. Manizales.
- Pliego Ortiz, (2009). A. D. Características Generales de la Pitaya (Stenocereus Stellatus) en México (No. SB438. P54).

- Porat, R., Pavoncello, D., Peretz, J., Ben-Yehoshua, S., Lurie, S. (2000). Effects of various heat treatments on the induction of cold tolerance and on the postharvest qualities of “Star Ruby” grape fruit. *Postharv. Biol. Technol* 18:159-165.
- Reid, M. (2014). Maduración de la fruta y manejo del etileno. Postharvest Technology Center, January 2002, p 7.
- Rincón Gutiérrez, V. (2014). Diseño de una biopelícula para la conservación de fresa silvestre (*fragaria vesca*): una estrategia encaminada a la sustitución de empaques plásticos.
- Rodríguez, D. A. R., Gutiérrez, M. D. P. P., Lasprilla, D. M., Fischer, G., & Vanegas, J. A. G. (2005). Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 58(2), 2837-2857.
- Roiz, C. (2011). Fisiología Post cosecha de frutas. Compendio de características de calidad, condiciones de almacenamiento, sensibilidad al frío, maduración y desordenes fisiológicos. *Revista de la Univesidad del Valle de Guatemala*, 22,23-34.
- Romojaro, M. D. (2016). Tratamientos Postcosecha para el Control de los Daños por Frío en Frutos Climatéricos y No Climatéricos. Orihuela: Universidad de Murcia.
- Ruan, J., Zhou, Y., Zhou, M., Yan, J., Khurshid, M., Weng, W., & Zhang, K. (2019). Jasmonic acid signaling pathway in plants. *International journal of molecular sciences*, 20(10), 2479.
- Saberian, H.; Hamidi-Esfahai, Z.; Gavligji, A.H.; Barzegar. M. (2017). Optimization of pectin extraction from orange juice waste assisted by ohmic heating. *Chemical Engineering and Processing* 117: 154-161.
- SAGARPA. (13 de junio de 2016). Gobierno de México . Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura%7Cpuebla/articulos/sagarpa-impulsa-produccion-de-pitaya-y-pitahaya-en-puebla>

- Sánchez, M. R. H. (1984). Origen, taxonomía y distribución de las pitayas en México. Memorias del simposium del aprovechamiento de la pitaya. Universidad Autónoma Metropolitana. Xochimilco, Edo. de México.
- Sánchez F, M., Aguilar M, M. À., & Espinoza H, N. L. (2010). Extensión de la Vida de Anaquel de Guayaba Mediante Recubrimientos de Gelatina Carboximetil Celulosa. México : Universidad Autónoma del Estado de México.
- Santacruz Vázquez , C., Santacruz Vázquez, V., & Huerta Espinosa , V. M. (2009). Agroindustrialización de la Pitaya. Habana: Universitaria.
- Sarabia, B. (2021). De Puebla y Oaxaca para Estados Unidos, pactan exportación de pitaya. El Sol de Puebla Noticias Locales, Policiacas, Sobre México, Puebla Y El Mundo; El Sol de Puebla | Noticias Locales, Policiacas, sobre México, Puebla y el Mundo. <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/estado/de-puebla-y-oaxaca-para-estados-unidos-pactan-exportacion-de-pitaya-6591618.html>
- Shi, J., Zuo, J., Xu, D., Gao, L. y Wang, Q. (2019). Effect of low-temperature conditioning combined with methyl jasmonate treatment on the chilling resistance of eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit. 56(10): 4658-4666.
- Singh, S.P., Pal, R.K. (2008). Controlled atmosphere storage of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. Postharv. Biolo. Technol. 47:296-306.
- Suárez Mahecha, H. (2016). Uso de biomoléculas en películas comestibles y desarrollo de nuevos productos para la generación de valor y competitividad.
- Vasconez, M.; Flores, S.; Campos, C.; Alvarado, J.; Gerschenson, L. (2009): "Antimicrobial activity and physical properties of chitosan–tapioca starch based edible films and coatings.", Food Research International, DOI: 10.1016/j.foodres.2009.02.026.42: 762 – 769.

Vick, B.A., Zimmerman, D.C. (1984). Biosynthesis of jasmonic acid by several plant-species. *Plant Physiology*. 75:458-461.

Zapata, S., Carrera, R., Manzano, S., García, A., Aguado, E., Garrido, D., ... & Valenzuela, J. L. (2016). Efectos de los tratamientos de Metil Jasmonato y Ácido Salicílico en la reducción del daño por frío en calabacín. *Actas Port. Hortic*, 28, 232-238.