



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

“Evaluación de diferentes tratamientos y condiciones de almacenamiento sobre la vida útil de la Ciruela moscatel (*Prunus salicina* CV. *Moscatel*)”

TESIS

Para obtener el título de:

Licenciatura en Químico Farmacobiólogo

PRESENTA:

p.QFB. Ma. Nüzhet Trejo Salauz

DIRECTOR DE TESIS:

D.C. Carlos Enrique Ochoa Velasco

ASESOR DE TESIS:

D.C. Raúl Ávila-Sosa Sánchez

Septiembre 2016



ÍNDICE

Índice de tablas.....	5
Índice de figuras.....	6
Agradecimientos.....	7
Dedicatoria	9
Resumen.....	10
Introducción.....	11
1 Justificación	13
2 Objetivo general	14
2.1 Objetivos específicos.....	14
3 Marco teórico	15
3.1 Generalidades de la ciruela.....	15
3.1.2 Producción de ciruela en México.....	15
3.1.3 Características de la ciruela (<i>Prunus saliciana</i>).....	17
3.2 Tratamiento postcosecha	18
3.2.1 Problemática de la postcosecha en frutas	18
3.2.2 Tratamientos físicos postcosecha.....	19
3.2.2.1 Empaquetado.....	19
3.2.2.2 Almacenamiento en frío.....	20
3.2.2.2.1 La influencia del frío en la fisiología de frutas y hortalizas.	21
3.2.3 Tratamientos químicos.....	22
3.2.3.1 Lavado y desinfección de frutas.....	22
3.3 Generalidades del espectro electromagnético y luz UV-C.....	23

3.3.1 Uso germicida de la luz UVC.....	24
3.3.2 Luz UVC aplicada en alimentos como desinfectante.....	24
4 Diagrama de trabajo.....	27
5 Materiales y métodos.....	28
5.1 Materiales y equipo.....	28
5.2 Métodos.....	29
6 Metodología.....	30
6.1 Caracterización de ciruela.....	30
6.2 diseño experimental.....	31
6.3 Análisis del progreso del almacenamiento en la ciruela.....	31
6.4 Análisis sensorial.....	31
6.5 Análisis estadístico.....	32
7 Resultados y discusión.....	33
7.1 Caracterización de la ciruela.....	33
7.2 Evaluación de los diferentes tratamientos a lo largo del almacenamiento de la ciruela.....	34
7.2.1 Caracterización físicoquímica.....	34
7.2.2 Pérdida de peso.....	35
7.2.3 Textura.....	36
7.2.4 Color.....	37
7.2.5 Evaluación de compuestos antioxidantes a lo largo del almacenamiento.....	39
7.2.5 Evaluación microbiológica de la ciruela a lo largo del almacenamiento.....	41
7.2.6 Evaluación sensorial del tratamiento que ofrece mejores resultados.....	42
8 Conclusiones.....	44
9 Sugerencias.....	45

10 Referencias.....	46
11 Anexo.....	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valor nutricional de la ciruela (<i>Prunus salicina</i> CV. Moscatel).....	15
Tabla 2 Equipo, modelo y marca con el cual se realizaron las determinaciones.....	28
Tabla 3 Métodos para cada determinación aplicada (<i>Prunus salicina</i> CV. Moscatel).....	29
Tabla 4 Condiciones de tratamiento en ciruela (<i>Prunus salicina</i> CV. Moscatel).....	31
Tabla 5 Caracterización físico química.....	34
Tabla 6 Correlación de Pearson entre los parámetro de color y los compuestos antioxidantes durante el almacenamiento.....	40

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Rango del espectro electromagnético.....	23
Figura 2 Evaluación de la pérdida de peso (%) de la ciruela (<i>Prunus salicina</i> CV. Moscatel) con diferentes tratamiento durante su almacenamiento.....	36
Figura 3 Evaluación de la textura en (kg/cm ²) de los distintos tratamientos de la ciruela (<i>Prunus salicina</i> CV. Moscatel). a lo largo del almacenamiento.....	37
Figura 4 Evaluación de cambio neto de color, de la ciruela (<i>Prunus salicina</i> CV. Moscatel) en los diferentes tratamientos a lo largo del almacenamiento.....	38
Figura 5 Evaluación de los valores <i>a</i> y <i>b</i> en la escala de Hunter a lo largo del almacenamiento de la ciruela (<i>Prunus salicina</i> CV. Moscatel)en los diferentes tratamientos	38
Figura 6 Evaluación de la concentración (mg GAE/100 g FW) de los compuestos fenólicos a lo largo del almacenamiento de la ciruela (<i>Prunus salicina</i> CV. Moscatel), con los diferentes tratamientos.....	40
Figura 7 Evaluación de la concentración de antocianinas (mg cianidina/ 100g FW) a lo largo del almacenamiento de la ciruela (<i>Prunus salicina</i> CV. Moscatel) en los diferentes tratamientos	41
Figura 8 Evaluación de la capacidad antioxidante (mg Trolox /100g FW)a lo largo del almacenamiento de la ciruela (<i>Prunus salicina</i> CV. Moscatel) con los diferentes tratamientos.....	41
Figura 9 Evaluación sensorial de la ciruela (<i>Prunus salicina</i> CV. Moscatel) lavada, expuesta a luz UV-C 60s, empaque hermético y almacenada a 5°C durante 40 días. (<i>a</i> : textura <i>b</i> : olor <i>c</i> : sabor <i>d</i> : color. 1.Me gusta mucho, 2. Me gusta moderadamente, 3. Me gusta ligeramente, 4.Ni me gusta ni me disgusta , 5. Me disgusta ligeramente, 6. Me disgusta moderadamente, 7. Me disgusta mucho).	43

¿Cómo pueden comunicarse los hombres esta Religiosidad Cósmica si con ella no es posible formar ni un concepto de Dios ni una teología? A mí me parece que tal es la función principal del arte y la ciencia: despertar y mantener vivo ese sentimiento en todos aquellos que estén dispuestos a recibirlo.

- A. Einstein

*¡Qué extraña cosa es el conocimiento!
Una vez que ha penetrado en la mente,
se aferra a ella como la hiedra a la roca.*

- Mary Shelly

*Me gusta la ciencia.
Pero la verdad es una amenaza,
y la ciencia un peligro público.
Tan peligrosa como benéfica ha sido.*

- Adus Huxley

AGRADECIMIENTOS

Agradecer primero se debe a la vida, a cada una de esas maravillosas situaciones que me han llevado hasta el día de hoy.

Agradezco a mis padres, a mi madre por ser un ejemplo de lucha y superación, por ser un ser humano intenso, que cada una de las cosas que me ha dicho son maravillosos consejos y con el paso del tiempo mas valoro, por enseñarme la importancia de la vida académica y que el mundo del estudio puede ser un escape maravilloso. A mi padre, a mi maravilloso y amado padre, que ha dado días y noches enteras para que nuestras vidas sean lo mas cómodas, por todos aquellos sacrificios que ha hecho por nosotras, por ser un ejemplo de hombre a quien admirar, a él por enseñarme esas cosas tan bellas de la vida, que hasta la fecha amo, por enseñarme que ser una persona sensible no es malo. Porque ellos son los mejores padres para mi.

Gracias a mi hermana, esa gran parte de mi vida, esa compañera de vida, por cuidarme, entenderme, escucharme, quererme tal y como soy, sin mas sin menos, ella quien fue tan importante en mi vida que influyó para tomar la decisión de seguir sus pasos en la vida académica para terminar siendo colegas. Gracias por tantas aventuras, gracias por guiarme en la vida universitaria, y sobre todo en la vida.

Agradezco a la benemérita universidad autónoma de puebla, por brindar la mejor educación y planteles, por ser de las mejores universidades del país. Agradezco a la facultad de ciencias químicas por cada maestro y doctor que tuve la suerte de tener como profesor, por esa capacidad de transmitir un mundo maravilloso que solo un Químico farmacobiologo puede ver, por ser la estancia de los cinco años más felices de mi vida.

Dedicatoria

Horas de esfuerzo y cansancio,
lejanía y tristeza pero todo
ha valido la pena, y no hubiera
soportado todo esto sin el apoyo
de mis seres amados, quienes me
apoyaron y me han dado el empuje
que he necesitado, una sonrisa,
un abrazo, un beso, una palabra
de ánimo sincera, a ustedes a quienes
he de ser incondicional, a ustedes
a quien les ofrezco mis virtudes,
gracias por estar ahí en mi mente
y en mi alma, a ustedes este triunfo
en el proyecto de mi vida.

RESUMEN

La ciruela es un fruto originario de Asia con múltiples variedades, con excelentes cualidades que pueden ayudar a la salud debido a su alto contenido de nutrientes y antioxidantes. En México según reportes de SAGARPA en el 2014 se produjeron 71,172.47 toneladas de ciruela. Al igual que la mayoría de los productos hortofrutícolas se pierde gran cantidad de la producción de ciruela debido a la falta de tratamiento postcosecha adecuado.

La limpieza y desinfección se utiliza en el proceso postcosecha, sin embargo, la utilización de agentes sanitizantes puede ocasionar daños a la salud, y se han desarrollado diferentes tecnologías físicas como la luz UV-C que disminuye el crecimiento microbiano. Por otra parte, el uso de empaques asociados a una cadena de frío puede ayudar a prolongar la vida en anaquel de productos. Por lo anterior, el objetivo de esta tesis fue evaluar el efecto de diferentes tratamientos mínimos y condiciones de almacenamiento sobre la vida útil de la ciruela (*Prunus saliciana*), y determinar cuál es la combinación que extiende y mantiene las características de calidad de la ciruela. Las condiciones de tratamiento y de almacenamiento se determinaron siguiendo un modelo de Taguchi L9. Las condiciones y tratamientos a considerar fueron limpieza, exposición a luz UV-C, empaque y temperatura de almacenamiento. La medición se realizó cada cinco días durante el tiempo en que la fruta presentó condiciones adecuadas para su consumo, se analizó fisicoquímicamente, el contenido de antioxidantes, microbiológicamente y finalmente al producto que presente los mejores resultados se le realizó un análisis sensorial mediante una escala hedónica. Los resultados indican que la sanitización y el tratamiento con luz UV-C disminuyó la carga microbiana de la ciruela, además la irradiación dotó de un mayor contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante. Por otra parte, la temperatura de almacenamiento afectó significativamente ($p < 0.05$) la pérdida de peso, color, textura y compuestos antioxidantes, mientras que el empaque afectó a la pérdida de peso y textura. La combinación de fruta lavada, 60 s de exposición a luz UV-C, empaque hermético y 5°C fue el tratamiento que conservó las características deseables de la ciruela durante 40 días, siendo bien aceptada por los consumidores, que lograron detectar un cambio en la luminosidad que les fue agradable.

INTRODUCCIÓN

La ciruela (*Prunus* spp.) es un fruto altamente valorado debido a su alto contenido de nutrientes, minerales y compuestos antioxidantes tales como los fenoles (ácido clorogénico y antocianinas), que pueden contribuir a la salud humana, además de ser usado como laxante ligero debido a su contenido de fibra. Es un fruto climatérico y de temporada por lo que se encuentra durante poco tiempo al alcance del consumidor, aunado a esto su consumo es bajo debido a que generalmente el fruto es puesto a la venta cuando aún no alcanza la madurez comestible lo que ocasiona diferentes desordenes fisiológicos (Otakar-Rop et. al. 2009).

Mundialmente existen pérdidas de hasta el 50% de la producción hortofrutícola debido a la falta de un buen manejo postcosecha, y a la falta de conocimiento de las tecnologías aplicables en este ámbito. En países en vías de desarrollo las pérdidas son debidas al trato poco cuidadoso del producto y la falta de sistemas adecuados para el enfriamiento y el mantenimiento de la temperatura. En los países con clima templado, gran parte de la producción de frutas y hortalizas está confinada a períodos de crecimiento relativamente cortos, por lo que el almacenamiento de productos frescos es esencial para abastecer a la población, una vez pasada la época de cosecha. En los países tropicales el período de producción puede extenderse, pero aún así, el almacenamiento siempre es necesario para prolongar el abastecimiento al consumidor. A medida que mejora el poder de compra del consumidor, las razones del almacenamiento pueden dejar de ser aquellas consideradas como tradicionales, para tratar en cambio de satisfacer sus demandas. Es probable que sus demandas incluyan mejoras en la calidad y en la disponibilidad, y a medida que la presión aumente, se exigirán mejoras en las técnicas de almacenamiento (Banks, et. al. 1995).

Para la pérdida de producto se han desarrollado diversas tecnologías para hacer que el producto tenga mayor tiempo de vida útil, estos tratamientos pueden ser previo al almacenamiento o en el almacenamiento, y recientemente estos tratamientos se prefieren por el consumidor que sean ligeros, que no cambien al producto fresco y que sean inocuos. Dentro de los tratamientos pre almacenamiento (pretratamientos) se encuentra la limpieza, lavado y sanitizado, las irradiaciones y radiaciones que actualmente son tecnologías emergentes de mucho interés debido a los resultados que ofrecen estas. Las tecnologías consideradas para el almacenamiento como el tipo de empaque, los gases de almacenamiento, las temperaturas, para tomar considerar alguna de estas tecnologías

para la conservación del producto debe de conocerse el comportamiento del producto, su fisiología y su contenido nutrimental (FAO 1995).

1 JUSTIFICACIÓN

La ciruela (*Prunus salicina* CV. Moscatel) es un fruto climatérico que solo se encuentra disponible en el mercado nacional en las épocas de producción, y como toda fruta, gran parte de la cosecha se pierde debido al mal manejo durante la postcosecha. Por otra parte, el emplear diferentes pretratamientos como son los métodos de limpieza y desinfección tal como el uso de tecnologías alternativas como la luz UV-C, así como condiciones de almacenamiento tales como la temperatura y el tipo de empaque, podría ayudar a extender la vida útil de la ciruela. Generando no solo que el producto se encuentre más tiempo disponible para los consumidores, sino que además ayudaría a los productores y comercializadores a minimizar las pérdidas postcosecha de la fruta.

2 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de diferentes tratamientos mínimos y condiciones de almacenamiento sobre la vida útil de la ciruela moscatel (*Prunus saliciana* CV. Moscatel).

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar fisicoquímica, microbiológica, antioxidante y sensorialmente la ciruela moscatel (*Prunus salicina* CV. Moscatel).

-Evaluar el efecto de diferentes tratamientos y condiciones de almacenamientos sobre las características de calidad de la ciruela *Prunus salicina* CV. Moscatel, realizando un modelo de Taguchi L₉

-Realizar un análisis sensorial sobre el fruto que ofrezca mejores resultados durante el almacenamiento.

3 MARCO TEORICO

3.1 Generalidades de la ciruela

La ciruela es un fruto de temporada producida por el árbol del ciruelo perteneciente al género *Prunus*, que es originario de Asia. El fruto es principalmente producido en climas fríos o templados, además existen dos especies uno es el europeo y otro el asiático, dentro de los cuales existen más variedades. La ciruela es valorada por su valor nutricional el cual se muestra en la Tabla 1 y además por su capacidad como laxante ligero, por acelerar el metabolismo de carbohidratos y por el alto contenido de antioxidantes; recientemente ha sido utilizada para tratar ansiedad en ratones por su alto contenido en ácido clorogénico el cual es un compuesto polifenólico, además son una buena fuente de compuestos que ayudan a mantener un buen estado de salud ya que previenen enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, esto se debe a su alto contenido de flavonoides, antocianinas, carotenos y ácidos polifenólicos (Stacewicz et al., 2001; Otakar-Rop et. al. 2009).

Tabla 1. Valor nutricional de la ciruela (*Prunus* spp.)

Valor nutricional *Por cada 100g.	
Kcal 51	Fluor 0.02
Proteína 0.6g	Magnesio 10mg
Grasas totales 0.1g	Hierro 0.4mg
Carbohidratos metabolizables 11.9g	Vit B1 0.07mg
Fibra 1.7g	Vit B2 0.04mg
Agua 84.2g	Vit B3 0.4
Sodio 2 mg	Vit B6 0.05
Potasio 221 mg	Vit C 5mg
Calcio 14mg	Vit. A 35mg
Fosforo 18mg	Vit. E 0.8mg

Sedat Çalışır, et al. 2005

3.1.2 Producción de ciruela en México

Puebla es el segundo estado productor de ciruela salicina en México según estadísticas que ofrece la SAGARPA ya que produce el 13.13% de la producción anual de ciruela salicina. En México según reportes de SAGARPA en el 2014 se produjeron 71,172.47 toneladas de ciruela de las cuales Puebla aporta alrededor del 9% (6536.75 ton). El rendimiento total en ese año fue de 2.2 con un costo de producción de 26,108.69 millones de pesos. El consumo de ciruela es generalmente en fresco aunque algunas variedades son utilizadas para producir ciruela pasa o bien para producir jaleas y mermeladas. La producción de ciruela dependerá de la variedad, algunas son producidas principalmente en los meses de mayo, junio o julio, mientras que otras son producidas a principios de año en los meses de enero y febrero. Aunque algunas veces se producen fuera de temporada a lo que se le denomina producción forzada. La gran cantidad de variedades, abandono y reconversión de cultivos, arrojan rendimientos que varían mucho de estado a estado con la finalidad de obtener producción durante más épocas del año (Mayorga, 2001).

La cosecha se realiza dependiendo de la ubicación del fruto en la planta, aproximadamente durante 28 días, 25% en los primeros 7 días, 50 % en los siguientes 15 días y el otro 25% en los últimos días. La forma de cosecha dependerá del uso que se le dará al producto. Cuando el producto es para ser comercializado en fresco se hace una recolección manual o con el auxilio de ganchos especiales para esta tarea, cuando la ciruela esta verde pero sazónada. Se recolecta en canastas o botes de 5 a 6 kilogramos, para posteriormente ser seleccionadas por tamaños, mediante una seleccionadora de cables, para posteriormente ser empacadas y vendidas, es importante resaltar que durante todo el proceso la fruta debe ser manejada con cuidado para evitar magulladuras. El precio que se paga al productor variará dependiendo de la fecha de cosecha y la entrada del producto en el mercado, ya que entre más pronto entre al mercado mejor pagada será. En Puebla la fruta temprana, es decir la que entra primero al mercado de marzo a abril, alcanza precios de entre 18 y 20 pesos por caja de 30 kilos. A fines de mayo y durante todo junio el precio cae a 12 a 10 pesos por caja, o hasta los 5 o 6 pesos por caja. Existen algunas variedades mejor pagadas y el precio aumenta considerablemente

cuando la selección es muy rigurosa en cuanto al tamaño, presentación y entrega oportuna, se pueden obtener pequeños volúmenes que llegan a ser pagados hasta a 50 o 55 pesos por caja (Mayorga, 2001).

3.1.3 Características de la ciruela (*Prunus saliciana*)

El género *Prunus* engloba a los ciruelos, los duraznos y las ciruelas, por lo que el árbol es muy similar entre este género. El árbol es originario de Asia pero fue adaptado una especie europea, por lo que existen dos especies, de las cuales la especie salicina (asiática) es más resistente se puede cultivar y cosechar a temperaturas más templadas a diferencia de las variedades europeas, por lo que la especie salicina es la que más se cultiva en el continente Americano. La distinción de las variedades es complicada debido a que existe una inmensidad de posibles cruza entre las variedades criollas, y los productores buscan estas cruza ya que proporcionan características diferentes y más favorables al fruto. Los frutos varían en tamaño y en color, lo cual dependerá de la variedad. La ciruela es el fruto del ciruelo, un árbol perteneciente a la familia de las Rosáceas y que se produce en regiones templadas. El ciruelo es considerado un árbol frutal caducifolio que puede alcanzar a medir de 6-7 metros de altura. La corteza de su tronco es de un color pardo-azulado, de ramas rectas, presentando espinas en algunas de sus variedades. Las hojas se caracterizan por su forma ovalada, con borde aserrado. En los meses de entre febrero y abril su época de floración, las ramas se cubren de flores blancas agrupadas. La vida de este árbol puede alcanzar los 50-60 años (Mayorga, 2001).

La ciruela tiene forma redondeada u ovalada, acorazonada, atravesada por un surco que la recorre a lo largo de esta. Su hueso es oblongo, con dos semillas en el interior, suele perder una por aborto espontáneo, al pasar un mes la semilla pierde su capacidad germinativa. El fruto está cubierto por una cera blanquecina muy característica de este. En cuanto a tamaño suele variar considerablemente entre variedad y variedad, las hay de 7 centímetros hasta de 2.5 centímetros de diámetro, por lo que el peso varia de igual forma. Los colores característicos de la cascara son, rojo, morado y amarillo, en cuanto al mesocarpio hay variedades que incluso son verdes, pero existen diferentes combinaciones entre el color de la

casara y el mesocarpio, de igual forma el sabor dependerá de cada variedad, algunos muy dulces y otras muy acidas (Mayorga, 2001).

3.2 Tratamiento postcosecha

3.2.1 Problemática de las frutas en la postcosecha

En la producción hortícola existen mundialmente pérdidas de hasta el 50% del producto durante la postcosecha debido a procesos de descomposición propia del producto, infestación por insectos y ataque de microorganismos, siendo la mayor incidencia en países tropicales y subtropicales. Por lo que una mejora en el tratamiento postcosecha es de suma importancia. Las causas más comunes de pérdidas postcosecha en los países en vías de desarrollo incluyen el manejo poco cuidadoso del producto y la falta de sistemas adecuados para el enfriamiento y el mantenimiento de la temperatura. A estos problemas se suman la falta de clasificación del producto antes de su almacenamiento y el uso de materiales inadecuados para el empaque. En general, si se minimiza el manejo brusco, se realiza una preselección para eliminar el producto dañado y/o podrido y existe un manejo eficiente de la temperatura, se reducirán las pérdidas y la vida útil del producto será mucho mayor (Yahia, 2001; Rizzo, 2009).

La finalidad del tratamiento postcosecha es alargar la vida en anaquel y prevenir enfermedades durante el almacenamiento, manteniendo la calidad (apariencia, textura, sabor, valor nutritivo y sanitario). La clave para alcanzar estos objetivos es un manejo eficiente durante el período postcosecha, más que el empleo de tecnología con un alto nivel de desarrollo ya que estas tecnologías pudieran estar fuera del alcance de la mayoría de productores debido a los costos de esta. Muchas de las tecnologías actuales para mantener el producto estéticamente adecuado, son costosas y pueden tener efectos nocivos al medio ambiente. Actualmente existe un mayor interés por desarrollar tecnologías basadas en el uso de tratamientos físicos, con el propósito de sustituir la aplicación de agroquímicos en los alimentos que pudieran causar daño a la salud. Estos tratamientos son el uso de atmósferas modificadas y controladas, bajas temperaturas, altas temperaturas e irradiación, así como la

combinación de dos o más de estos tratamientos físicos, y la combinación de estos (Yahia y Araiza, 2001).

3.3.2 Tratamientos físicos postcosecha

3.3.2.1 Empaquetado

El uso del empaque se cita frecuentemente como una medida de prevención de pérdidas postcosecha lo que es justificable debido a que los productos frescos tienen la característica de ser perecederos. El empaque sirve para proteger al alimento, manteniéndolo inmóvil y a la vez amortigua cualquier tipo de golpe. Además de la protección, el empaque facilita el manejo a lo largo del sistema postcosecha y puede minimizar los efectos de una manipulación brusca. En el caso del que el producto se empaque para facilitar su manejo es preferible que los empaques sean de cartón encerado o de plástico, ya que son más resistentes y proporcionan protección al producto cuando este es apilado, estos a pesar de ser más caros pueden ser reutilizados y tienen la característica de resistir altas humedades relativas. Para que el empaquetado sea más eficiente, el producto no deberá de quedar ni demasiado suelto ni demasiado apretado (FAO, 1989).

Claro está que para que un empaque sea de ayuda debe estar en condiciones adecuadas, por lo que estos empaques necesitan de ventilación y deben de ser fuertes para evitar deformaciones y a la vez evitar compresiones. Debe pensarse el uso de empaques en frutas y hortalizas para el cumplimiento de los requerimientos del producto como las necesidades del mercado. La naturaleza perecible de los productos frescos significa que el empaque es una inversión necesaria con la finalidad de:

- ◀ Proteger el producto en todas las etapas del manejo del producto desde el productor al consumidor.

- ◀ Eliminar la manipulación individual del producto y acelerar el proceso

◀ Uniformizar el número de unidades del producto por envase “cantidades estandarizadas” (Kitinoja y Koder, 1995).

El empaque ofrece mantener condiciones más favorables para el producto por diversos motivos, uno de ellos es la capacidad de manejar la composición atmosférica de los gases que se encuentran dentro de estos. Estos empaques pueden contar con atmósferas modificadas. Las atmósferas modificadas (AM) se refieren al uso de cualquier ambiente con una atmósfera diferente del aire normal (20-21% de O₂, 78-79% N₂, 0.03% CO₂, y trazas de otros gases). Las atmósferas controladas (AC) son todas aquellas atmósferas que son estrictamente controladas durante el periodo del almacenamiento o transporte de los productos. Principalmente manteniendo concentraciones altas de CO₂ Y bajas de O₂ pero también, otros gases pueden ser manipulados como son el CO, C₂H₄ y C₃H₆, etc. Las ventajas que ofrecen el uso de AM y AC en el producto son: retardar la maduración por lo tanto la senescencia y así prolongar la vida postcosecha, prevenir y controlar desordenes fisiológicos como lo es el daño por frío, escaldado entre otros, prevenir la pudrición y enfermedades ocasionadas por microorganismos y las infestaciones por insectos y una de las cualidades más importantes es el que mantienen la calidad nutritiva de las frutas y hortalizas. El uso de las AM y AC para el empaque, transporte o almacenamiento requiere de un manejo adecuado en postcosecha, que incluya la aplicación de temperaturas de refrigeración y humedad relativa de 85% o más (dependiendo del tipo de producto) (Yahia y Araiza, 2001; Gómez-Sanchez, 2007).

3.3.2.2 Almacenamiento en frío

En el periodo entre la cosecha y el consumo del producto, la refrigeración es el factor más importante para mantener la calidad, debido a que el producto sigue siendo un tejido vivo que respira una vez cosechado. La refrigeración sigue siendo la tecnología más importante en la preservación de los alimentos, las demás tecnologías y tratamientos se consideran complemento ya que no ofrecen las ventajas de la refrigeración. Sin embargo, es importante asegurarse que la aplicación de esta tecnología se haga de forma que pueda certificarse, asegurando el control y monitoreo de la temperatura (Paull, 1999).

La conservación del producto a la temperatura más baja posible (0 °C para cultivos templados o 10-12 °C para los tropicales o subtropicales sensibles a daño por frío) aumentará la vida útil del mismo, ya que las temperaturas bajas disminuyen la tasa de respiración y la sensibilidad al etileno, reduciendo además la pérdida de agua. Es importante evitar el daño por frío, dado que los síntomas incluyen: incapacidad para madurar, desarrollo de "picado" o áreas deprimidas, pardeamiento, aumento de la susceptibilidad a la pudrición y desarrollo de sabores desagradables. Para considerar el almacenamiento en frío de los productos es necesario considerar la fisiología de este, para tener las temperaturas ideales en su almacenamiento, ya que una mala refrigeración podría traer como consecuencia la pérdida de las características del fruto e incluso la muerte del mismo. Por lo general, las temperaturas de refrigeración están por arriba del punto de congelación, para así evitar que el agua del fruto cambie de estado y desorganice la estructura celular (Shewfelt, 1986).

3.3.2.2.1 Influencia del frío en la fisiología de frutas y hortalizas.

El almacenamiento en frío implica diferentes consecuencias sobre el fruto, cambios metabólicos que actúan sobre la transpiración, la respiración y la maduración de este.

Transpiración: es mayor a altas temperaturas incluso cuando la humedad relativa es la misma a la del fruto, lo que se traduce en pérdida de peso. El enfriamiento y la alta humedad relativa pueden funcionar mejor para evitar la deshidratación del fruto con un empaque o envoltura con permeabilidad adecuada al vapor de agua.

Respiración: la mayoría de los frutos tienen una respiración aerobia una vez recolectados, pero la respiración anaerobia puede darse en frutos senescentes, golpeados, en casos donde la permeabilidad a los gases se ve reducida en el tejido, etc. La actividad respiratoria se detiene a temperaturas muy bajas o muy elevadas. Hay una zona de temperatura entre 0° y 35° C donde la respiración aumenta a razón de 2 a 2.5 veces por cada 10°C de incremento en la temperatura.

Maduración: la regulación de la temperatura es fundamental para el proceso de maduración, debido a que las frutas maduran de manera adecuada en rangos de temperatura muy estrechos por ejemplo, manzanas, bananas, ciruelas maduran a una temperatura de 22°C. El frío retrasa

o incluso inhibe la maduración. En la fase de senescencia los frutos se hacen más susceptibles al ataque por microorganismos por lo que evitar esa etapa en el fruto es importante (Mitchell F.G, 1972)

3.3.3 Tratamientos químicos

3.3.3.1 Lavado y desinfección de frutas

Los productos hortofrutícola siempre contienen contaminantes físicos, químicos y microbiológicos que los hace portadores de una gran carga inicial de microorganismos adquiridos, mediante el suelo, el aire, insectos, etc. Y esto dependerá del tipo de cultivo. Por lo que el lavado y desinfección de frutas y verduras debe ser riguroso debido a que estos alimentos se consumen frecuentemente crudos. El lavado y la desinfección tienen propósitos diferentes. El objetivo del lavado es eliminar la contaminación física, mientras que en la desinfección se utilizan sustancias para eliminar a los microorganismos. Es muy importante realizar primero el lavado y después la desinfección, porque la eficacia de los agentes bactericidas disminuye cuando hay altas concentraciones de bacterias (FDA, 1989).

En general, el procedimiento adecuado para el lavado y desinfección de alimentos es el siguiente según la profeco:

1. Remover la materia extraña evidente.
2. Tallar la superficie con un estropajo o cepillo, utilizando jabón.
3. Enjuagar al chorro de agua
4. En caso de los vegetales es recomendable sumergirlos en una solución desinfectante, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
5. Escurrir

Existen diferentes tipos de desinfectantes las sustancias desinfectantes más comunes son: el cloro de uso doméstico, el yodo y la plata coloidal, su eficacia estará en función de que sean usados en la concentración y durante el tiempo adecuado (cuando se utilice yodo o plata coloidal es necesario seguir al pie de la letra, las instrucciones del fabricante). Si se usa cloro, se recomienda dejar las frutas y verduras durante 10 minutos en una solución conteniendo 10

gotas de cloro doméstico por litro de agua y después enjuagar con agua potable (Gil et. al. 2009).

3.3 Generalidades del espectro electromagnético y luz UV-C

La luz es una forma de energía, que se transmite en forma de ondas electromagnéticas (radiación), y es de esta forma en la que viaja la energía por el espacio. La luz interpretada como una onda electromagnética tiene las características de tales ondas, es decir cuenta con una amplitud, longitud, velocidad y frecuencia. Dentro del espectro electromagnético se encuentra la luz (los de mayor energía, están los rayos X, los UV (ultravioleta), los visibles y los IRC (infrarrojos). Los rayos ultravioletas (UV) y los infrarrojos (IRC) no son detectados visualmente, pero pueden provocar sensación de calor y sobre la piel pueden provocar bronceado. La radiación UV se divide en tres regiones: de onda larga UV-A, de onda media UV-B y de onda corta UV-C. Siendo la UV de onda corta la que se encuentra en el espectro dentro de los 200 a los 280 nm, en la Figura 1 se muestra el espectro electromagnético. Esta radiación proviene del sol, pero debido a que se ha descrito que la luz UV-C tiene capacidad germicida se han realizado fuentes artificiales de estas como son las lámparas de mercurio de baja presión que producen luz con longitudes de onda de 254nm (Guerrero-Beltrán y Barbosa-Cánovas, 2004; Rivera-Pastrana et. al., 2008).

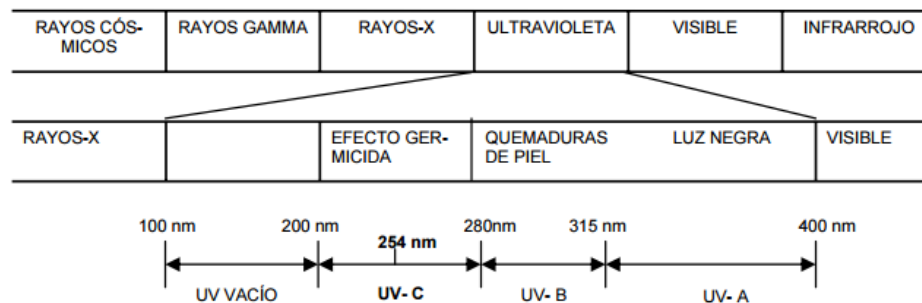


Figura 1. Rango del espectro electromagnético.

3.3.1 Uso germicida de la luz UVC

La luz UV-C es utilizada actualmente para desinfectar agua, aire y empaques aunque también se ha planteado su uso para desinfectar superficies de los alimentos. El tratamiento con luz UV-C para la desinfección de alimentos conlleva ciertas ventajas tales como que no produce residuos químicos, requiere de poco mantenimiento y es de bajo costo lo cual ha popularizado el uso de esta tecnología. La luz UV-C es resultado del flujo de corriente a través del vapor de mercurio entre los electrodos de la lámpara. Las lámparas de baja presión de mercurio producen luz con longitud de 254 nm. Esta longitud es muy próxima a la longitud de 260 a 265 nm, la más eficiente para inactivar microorganismos (Bintsis et al., 2000; Guerrero y Barbosa, 2004).

El mecanismo de acción de la luz UV-C actúa sobre el ácido nucleico debido a la alta absorción de UV-C (254 nm) por el ADN lo cual se asocia con la capacidad de las bases pirimidina y purina para absorber radiación. La absorción de la luz ultravioleta por el ácido nucleico provoca mutaciones debido a la formación de dímeros de timina haciendo que la célula pierda la capacidad de crecer y reproducirse. Estos dímeros de timina inhiben la replicación correcta del ADN durante la reproducción de la célula. Por lo que los microorganismos son inactivados debido a la exposición a la luz UV-C, una célula que reciba suficiente daño en su material genético morirá. El funcionamiento inhibitorio de la tecnología UVC, es la principal diferencia que la distingue del procedimiento de desinfección química, generalmente oxidativa. Este es el motivo principal por el que queda descartada la formación de resistencia causada por una mutación (Adams y Moss, 1995; Shama, 1999).

3.3.2 Luz UV-C aplicada en alimentos como desinfectante

La irradiación por luz UV-C se utiliza como alternativa para la esterilización química, porque reduce el crecimiento de microorganismos en superficies inertes y en frutos. Es sumamente importante para la producción de alimentos frescos la reducción de la carga microbiana para así minimizar pérdidas económicas. Como respuesta a esta necesidad la luz UV-C es una opción satisfactoria como medio de conservación, y con la ventaja de ofrecer un producto

microbiológicamente seguro y sin cambios drásticos o poco perceptibles con respecto al alimento fresco. (Stevens et al., 1998; Steffens et al., 2010).

Existen muchas variables que afectan la desinfección mediante luz UV-C, por lo que no se puede estandarizar el método en todos los alimentos incluso para un mismo tipo de alimento, estas variables van desde el tiempo de exposición, la intensidad de la fuente de luz, la rugosidad de la superficie a tratar, entre otras. Por lo que se pueden tener dosis efectivas muy diversas de igual manera. Se considera una dosis de radiación baja cuando ésta es menor o igual a 1 kJ/m^2 y es considerada como alta cuando la dosis es mayor o igual a 15 kJ/m^2 de manera no oficial. En general se reporta que una mayor dosis de radiación disminuirá la carga microbiana en el alimento. La utilización de irradiación con luz UV-C en frutas ha demostrado ser un método efectivo para prolongar la vida útil de estos productos por ser letal para la mayoría de microorganismos (Baka et al, 1999; Haro y Beltrán, 2013).

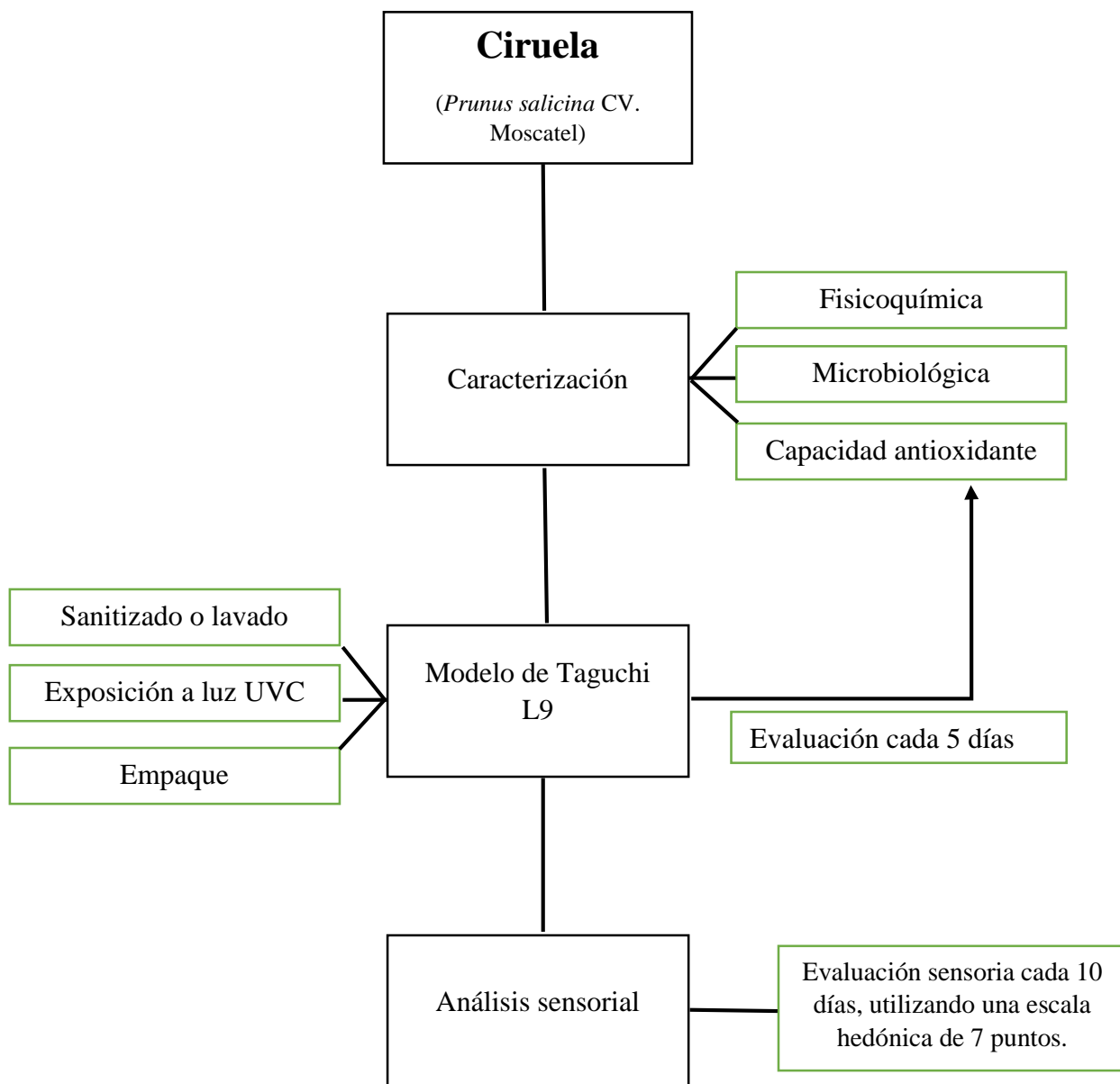
En cuanto a los efectos que ofrece la luz UV-C ante el producto son considerados deseables ya que inducen los mecanismos de defensa (síntesis de fitoalexinas), los cuales se relacionan con la generación de resistencia a diferentes patógenos y con la reducción de desórdenes fisiológicos que ocurren durante el almacenamiento en frío y se pueden aumentar las propiedades nutraceuticas y la síntesis de compuestos que son reconocidos como mecanismos de defensa natural de los vegetales cuando se encuentran expuestos a estrés. La exposición a dosis bajas de irradiación UV puede inducir la producción de compuestos que retrasan los procesos de maduración y senescencia, por ejemplo la pérdida de firmeza (Luckey, 1991; Cisneros-Zevallos, 2003).

Se han realizado tratamientos en diferentes frutas con diferentes procesamientos post cosecha uno de ellos ha sido en fresa con la finalidad de controlar la descomposición por *Botrytis cinerea* y se encontraron que dosis de $0.25 \times 10^3 \text{ kgf s}^2$ resulta efectiva a temperaturas de almacenamiento de 4 a $13 \text{ }^\circ\text{C}$ y aumenta la vida de anaquel del fruto de 4 a 5 días y también fue probado en durazno y se logró contrarrestar la descomposición por *Monilinia fructicola*, el deterioro por ataque de *Penicillium digitatum* en mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) y la pudrición causada por *Rhizopus stolonifer* en tomate durante el almacenamiento. Una dosis de UV-C de 0.024 kgf s^2 por 4 min aplicada al melón (*Cucumis melo* L.) mínimamente

procesado antes y durante el corte, fue efectiva en reducir las poblaciones de levaduras, hongos y *Pseudomona* spp. Durante el almacenamiento a 10 °C; las poblaciones de microorganismos mesófilos aerobios y bacterias lácticas se redujeron sólo cuando la UV-C se aplicó durante el procesamiento (Wilson et al. 1991; Stevens, 1998).

Además, la combinación de tratamientos suele generar mejores resultados que aquellos obtenidos solo con la irradiación con luz UV-C, mejorando la calidad de los alimentos durante el almacenamiento. Dentro de las combinaciones que han demostrado ser bastante efectivas están los tratamientos con desinfectantes (ácidos orgánicos o sales de los mismos ácidos) seguidos de irradiaciones con luz UV-C lo que ha demostrado disminuir la flora nativa (mesófilos, mohos y levaduras) de la fruta; de igual manera el tratamiento con luz UV-C aunado a un empaque en atmosfera modificada ha demostrado su eficacia en semillas de granada (López-Rubira et al., 2005; Fonseca y Rushing, 2006).

4 DIAGRAMA DE TRABAJO



5 MATERIALES Y METODOS

5.1 MATERIALES Y EQUIPO

- ◀Material de vidrio el necesario para cada determinación
- ◀Reactivos los necesarios para cada determinación
- ◀Material de biológico: ciruela moscatel.

Tabla 2. Equipo, modelo y marca con el cual se realizaron las determinaciones

EQUIPO	MODELO	MARCA
Lámpara de luz UV-C	G15T8	PHILIPS
Balanza analítica	Ohaus Pionner	PA313
Batidora de inmersión	CE22841	Continental electric
Autoclave 20L	AS-25	cisa
Campana de flujo laminar	CFL-102V	prendo
Parrillas de agitación	HP46825	Barnstead International
Parrilla de calentamiento	HP46825	Barnstead International
Incubadora	EC	Riossa
Potenciómetro	PPH15	Conductronic
Penetrómetro	H-1200	Humboldt
Refractómetro	N-1EBX	Atago
Colorímetro	TCR 200	Precise Color Reader
Espectrofotómetro	4001/4	Spectronic instruments

5.2 MÉTODOS

Tabla 3. Métodos para cada determinación aplicada.

DETERMINACIÓN	MÉTODO	REFERENCIA
Acidez titulable	Titulación ácido base	Comité del Codex Sobre Frutas y Hortalizas Elaboradas, 2000
Textura	Determinación con texturometro	Palmero et al. (2007)
Pérdida de peso	Comparación de peso	NMX-F-083-1986
Color	Colorimetría	León, 2006
Sólidos totales	Refractometría	Comité del Codex Sobre Frutas y Hortalizas Elaboradas, 2000.
Cuantificación de microorganismo	Cuenta de bacterias aerobias, mohos y levaduras en placa.	NOM-092-SSAI-1994, NOM-111-SSAI-1994
Fenoles	Folin–Ciocalteu	Gutiérrez Avella, Ortiz García, 2008
Antioxidantes directa	DPPH disminución de la concentración del radical.	Gutiérrez Avella, Ortiz García, 2008
Antocianinas	Extracción ácida por diferencia de pH	Castañeda et. al., 2009
Evaluación sensorial		

6 METODOLOGÍA

6.1 Caracterización de la ciruela.

Dentro del análisis fisicoquímico se analizó color mediante un colorímetro portátil, el cual midió el color en la superficie de la ciruela, se cuantificó *L*, *a* y *b* luminosidad, rango de rojo a verde y de amarillo a azul respectivamente. Se midió la textura con un penetrómetro con una pesa de 100g y con una punta para fruta, la cual se dejó caer desde la superficie de la ciruela y se midió la distancia que penetró la punta. Los sólidos solubles totales se midieron con refractómetro a partir de un extracto de ciruela en agua que se realizó con la batidora de inmersión. Con este mismo extracto se realizó la medición de acidez titulable con NaOH al 0.1%.

Capacidad antioxidante

El extracto que se obtuvo para la determinación de sólidos solubles totales también se utilizó para la cuantificación de fenoles y antioxidantes. Los cuales se realizó según el método descrito con los reactivos de folin y DPPH respectivamente. Se realizó la determinación a diluciones del extracto a usar para que se conservara la ley de Beer y los valores sean confiables. Ambas cuantificaciones se midieron en el espectrofotómetro, los fenoles se cuantificaron a 765nm y la determinación de antioxidantes a 517nm. Para la determinación de antocianinas se realizó una extracción ácida de la cual se partió para realizar dos extractos ácido uno a pH de 1 con HCl al 10% y otro a pH de 4.5 con NaOH al 10%. Una vez obtenido cada extracto a pH 1 y pH 4.5 y se realizó a medir en el espectrofotómetro a dos longitudes de onda diferentes, a 510 y 700nm ambos extractos.

Microbiológico

Para el análisis microbiológico se utilizó agua peptonada y la fruta entera, a la cual se le realizó un masajeo y a partir del agua peptonada se realiza la siembra en placa para bacterias hemofílicas aerobias y hongos, levaduras y según las NOM-092-SSAI-1994, NOM-111-SSAI-1994 respectivamente.

6.2 Diseño experimental.

Se realizó mediante un arreglo ortogonal L₉ de Taguchi en el cual se hizo el análisis de los factores controlables para el arreglo interno (lavado o sanitizado, exposición a luz UV-C, empaque, temperatura de almacenamiento), y el análisis de factores no controlables “factores de ruido” por ejemplo la humedad del ambiente, madurez de la fruta, el tamaño y peso de cada fruta. Se realizó el tratamiento al fruto según lo indica la tabla 4.

Tabla 4. Condiciones de tratamiento en ciruela moscatel.

Tratamiento	Lavado	Luz UV-C (s)	Temperatura °C	Empaque
1	Sin lavar	0	5°C	S/E
2	Sin lavar	30	15°C	E/C
3	Sin lavar	60	TA°C	E/P
4	Lavado	0	15°C	E/P
5	Lavado	30	TA°C	S/E
6	Lavado	60	5°C	E/C
7	Sanitizado	0	TA°C	E/C
8	Sanitizado	30	5°C	E/P
9	Sanitizado	60	15°C	S/E

S/E: sin empaque; E/C empaque cerrado; E/P empaque perforado. TA °C: Temperatura ambiente.

6.3 Análisis del progreso del almacenamiento en la ciruela

Se realizó el análisis a los tratamientos cada 5 días hasta que la calidad de la fruta lo permitió. Se realizaron las mismas determinaciones que se hicieron para la caracterización del fruto descrito anteriormente.

6.4 Análisis sensorial

Se realizó un análisis sensorial al tratamiento que presentó los mejores resultados sobre el almacenamiento. El análisis se realizó con veinte jueces no entrenados, que evaluaron cinco características de la fruta mediante una escala hedónica de siete puntos que va desde me gusta

mucho hasta me disgusta mucho. Las cinco características a evaluar de la fruta fueron color, olor, textura, sabor y aceptación general, la boleta de evaluación se encuentra en el anexo. La evaluación sensorial se realizó cada 10 días durante el almacenamiento del fruto.

6.5 Análisis estadístico

Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las características fisicoquímicas, compuestos antioxidantes y microbiológicas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con una comparación de medidas utilizando la prueba de Tukey con un 95% de confianza.

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Caracterización de la ciruela

En la tabla 5 se presentan los valores de la caracterización fisicoquímica realizada de ciruela (*Prunus salicina* CV. Moscatel); es evidente que los resultados pueden cambiar dependiendo de la variedad de ciruela que se reporte. En ese sentido, Cinquanta L.(2002) reporta valores de color de diferentes variedades con variaciones de 35.5 a 40.4; 2.2 a 3.0; y 2.9 a -11.4, para L, *a* y *b*, respectivamente. Los valores de *a* y *b* principalmente cambian en función de la madurez de la ciruela, disminuyendo tanto *a* como *b* al incrementarse el proceso madurativo. Es importante recalcar que los resultados de color presentados en esta tabla son en fruta en estado de madurez de cosecha.

Por otra parte, la acidez y los sólidos solubles se encuentran dentro de los valores reportados por Gil en 2002, reporta valores de 0.71% y de 9.9-13.8% para la acidez titulable y sólidos solubles totales, respectivamente (Unesik, 2009).

Es bien sabido que la ciruela es una fruta apreciada por la alta cantidad de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante que posee, así pues el contenido de compuestos fenólicos son similares a los reportados por Gil et al. (2002), quien reporta valores de 22.0-76.9 mg GAE/100 g en pulpa y de 163.1-332.3 en cáscara. Sin embargo, el contenido de antocianinas totales es más dependiente de la variedad de ciruela así como de factores climáticos tales como el suelo, humedad, temperatura y horas luz. Por otra parte, la capacidad antioxidante de la ciruela moscatel se encuentra por arriba de lo reportado para otras variedades, con valores de 20.5-51.8 y 70.1-131.4 mg Trolox/100 g de pulpa y cáscara, respectivamente (Donovan, 1998).

Tabla 5: Caracterización físico química de la ciruela moscatel

Físico/Químico	Resultados
<i>L</i>	24.5
<i>A</i>	4.34
<i>B</i>	27
Acidez titulable (% de ácido málico)	0.65%
Sólidos Solubles Totales (%)	10.32
Textura (kg/cm ²)	1.88
Fenoles mg GAL/100g	88
Antocianinas (cianidina) mg/100g	15
Capacidad antioxidante (DPPH) mg de trolox/100g	215

7.2 Evaluación de los diferentes tratamientos durante el almacenamiento de la ciruela

7.2.1 Características fisicoquímicas

Durante el almacenamiento de frutas y hortalizas la acidez titulable y sólidos solubles totales suele cambiar debido al proceso de maduración y senescencia. Sin embargo, en las ciruelas (*Prunus salicina* CV. Moscatel) evaluadas, los sólidos solubles totales no cambiaron en ninguna condición de almacenamiento; en cambio, la acidez titulable presentó una disminución los primeros 15 días de almacenamiento (en todas las condiciones), manteniéndose constante después de este tiempo, Vangdal et al (2007). Reportan resultados similares ya que después de 2 semanas de almacenamiento se redujo alrededor de 15-20% de la acidez en ciruelas, esto es debido al proceso de degradación de los ácidos orgánicos presentes en la ciruela (Cevet-Nergiz, 1997).

7.2.2 Pérdida de peso

La deshidratación de las frutas durante el almacenamiento es uno de los principales factores que determinan la calidad de las mismas, por tanto debe ser uno de los factores a cuidar durante el almacenamiento. En la Figura 2 se presenta la pérdida de peso de ciruela (*Prunus salicina* CV. Moscatel) almacenada bajo diferentes condiciones. Se observa que las ciruelas almacenadas sin empaques y/o empaques perforados presentaron una mayor pérdida de peso, y las que se mantuvieron en empaque cerrado (T2, T6 y T7) fueron las que presentaron la menor pérdida de peso. Es evidente que el empaque es una barrera física que evita que exista diferencia de humedad entre la fruta y el ambiente que la rodea, por lo tanto se evita la pérdida de agua por este medio. Por otra parte, se puede observar que la temperatura es un factor crítico en el almacenamiento de ciruela, ya que aquellas almacenadas a baja temperatura (T6) se reduce menos (6%) su peso esto es debido a que las bajas temperaturas de almacenamiento ayudan a reducir la tasa metabólica de las frutas. De acuerdo a Paull y Chen (2006), la pérdida de peso en frutas está relacionada con el tipo de empaque, la temperatura y la humedad del ambiente ya que, el empaque previene la pérdida de humedad debido a que dentro del empaque se mantiene una alta humedad relativa, la tasa a la que el agua se pierde de la fruta depende de la diferencia de presión de vapor de agua dentro del fruto y la presión de vapor de agua en el aire. (FAO, 1989). En ese sentido, Sanchez (2001) reporta que la pérdida de peso en ciruelas (*Prunus saicina* CV. lindel) incrementa conforme pasa el tiempo en fruta madura almacenada a temperatura ambiente (20°C) las ciruelas en general son menos susceptibles a la pérdida de peso que frutas como los duraznos y la nectarina (Sanchez, et. al., 2001; Barrett et al., 2010)

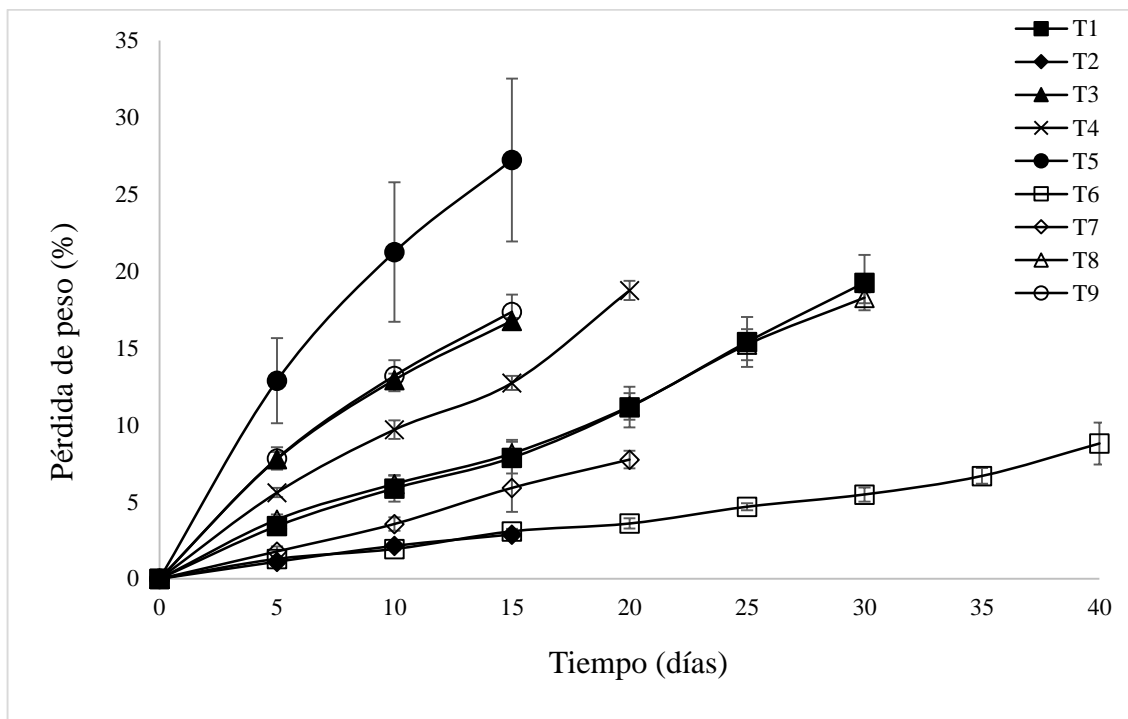


Figura 2: Evaluación de la pérdida de peso (%) de la ciruela (*Prunus salicina* CV. Moscatel) con diferentes tratamiento durante su almacenamiento

7.2.3 Textura

La Figura 3 muestra la firmeza (resistente a la penetración) de las ciruelas durante el almacenamiento a diferentes condiciones. Los valores reportados en este estudio fue similar por Steffens et al. (2014). Ellos reportaron valores de 1.1 N en ciruelas cv *Laetitia* almacenados en un entorno normal durante 60 días a 0.5 °C comparado que durante el almacenamiento de la ciruela moscatel evaluada, la firmeza no cambió independientemente de las condiciones y estos resultados son diferentes a los obtenidos por Martínez-Romero et al. (2003), que informa que durante el almacenamiento, la firmeza de la ciruela disminuye a medida que aumenta el tiempo, los resultados obtenidos en la experimentación indican una ventaja importante de la variedad moscatel ya que la firmeza es uno de los principales parámetros para el consumo de ciruela. Es importante señalar que los estudios para cada condición se llevó a cabo mientras que la fruta fue apta para el consumo y, probablemente, la firmeza puede cambiar durante el almacenamiento; sin embargo, en frutos almacenados a baja temperatura (T1, T6 y T8) no presenta ningún efecto sobre la firmeza, debido

a que las enzimas pectolíticas son afectados por las temperaturas bajas (Ayala-Zavala et al., 2004; Irtwange, 2006, Parra-Coronado et. al., 2008).

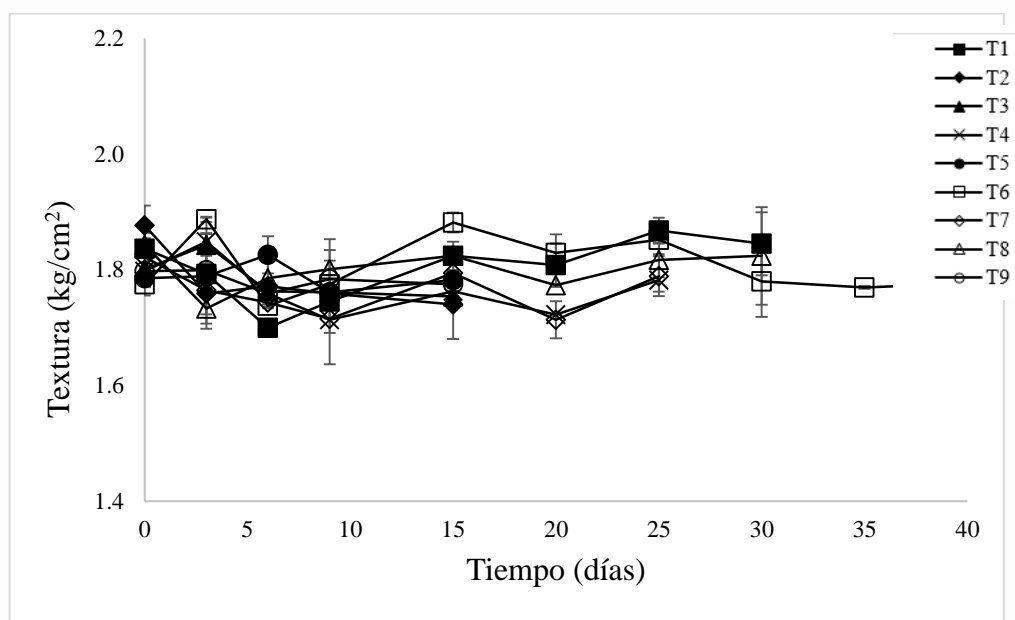


Figura 3: Evaluación de la textura en (kg/cm^2) de los distintos tratamientos de la ciruela (*Prunus salicina* CV. Moscatel). a lo largo del almacenamiento

7.2.4 Color

En la Figura 5 se presenta los parámetros a y b de ciruela almacenada bajo diferentes condiciones. Es bien sabido que el color de las frutas y hortalizas está relacionado con compuestos de color como lo son las clorofilas, carotenoides, betalaínas y flavonoides (Lancaster, 1997). En ciruela los compuestos responsables del color son las antocianinas (coloraciones entre azul y rojo). En todos los tratamientos disminuye el valor de a y b , indicando una pérdida del color rojo y amarillo. Es importante recalcar que el tiempo de almacenamiento varió entre condiciones (aunque los pretratamientos no afectaron significativamente los parámetros de color). En este sentido, el parámetro b disminuyó en todas las condiciones de almacenamiento a partir del día 5; sin embargo, el parámetro a fue el que varió en función de las condiciones de almacenamiento. Las ciruelas almacenadas a temperaturas más altas y en contacto con oxígeno fueron las que presentaron los cambios más rápidos en el parámetro a , mientras que aquellas almacenadas en refrigeración (5°C) presentaron cambios de color a partir del día 20 de almacenamiento (T1, T6 y T8). Durante el

proceso de senescencia se presentan reacciones oxidativas que son afectadas por la temperatura y tipo de empaque, así pues bajo condiciones normales de almacenamiento se pueden favorecer dichas reacciones conduciendo a la oxidación de diferentes compuestos, tales como los fenoles lo que provoca cambios de color.

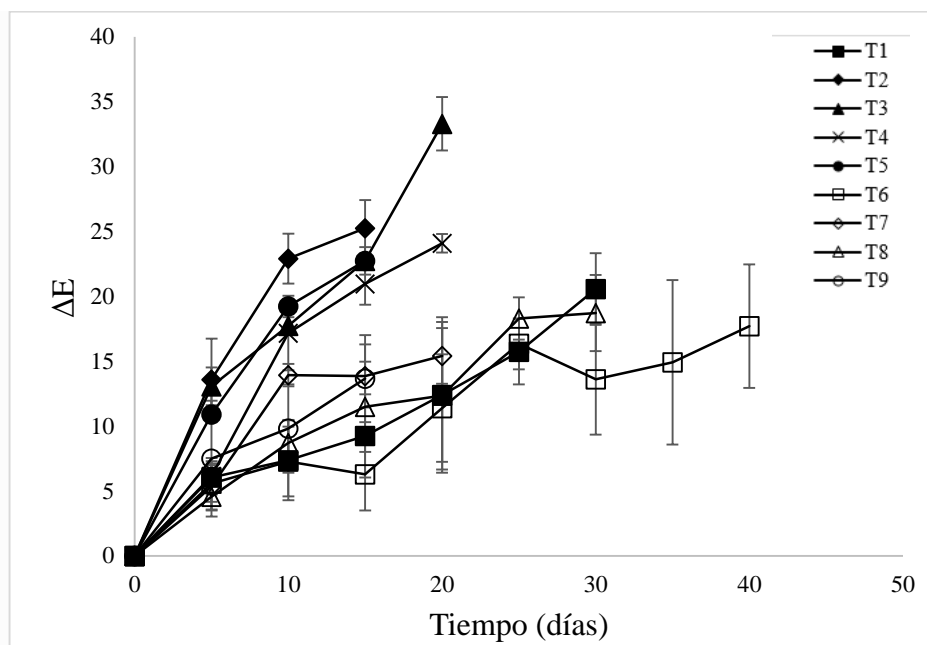


Figura 4: Evaluación de cambio neto de color, de la ciruela (*Prunus salicina* CV. Moscatel) en los diferentes tratamientos a lo largo del almacenamiento

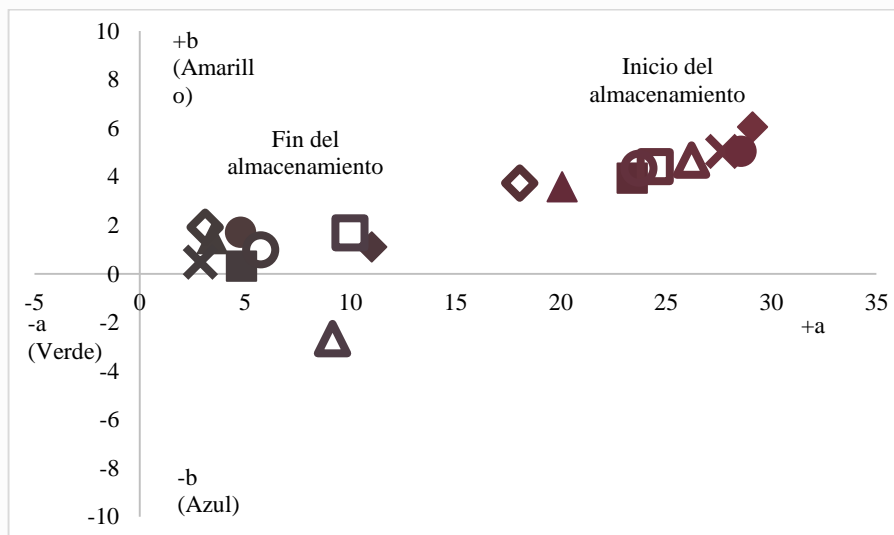


Figura 5: Evaluación de los valores a y b en la escala de Hunter a lo largo del almacenamiento de la ciruela (*Prunus salicina* CV. Moscatel) en los diferentes tratamientos

7.2.5 Evaluación de compuestos antioxidantes a lo largo del almacenamiento.

Las figuras 6, 7, y 8 muestran los compuestos fenólicos, antocianinas totales y capacidad antioxidante, de las ciruelas almacenadas en diferentes condiciones. Se observa que los compuestos fenólicos presentan diferentes comportamientos de acuerdo a las condiciones de almacenamiento, en general, los compuestos fenólicos decaen en las ciruelas que fueron almacenadas a mayores temperaturas, perdiendo aproximadamente 6-7% del valor inicial de los compuestos fenólicos. En cuanto a las ciruelas almacenadas en condiciones de refrigeración se observa un incremento de 12-24% de compuestos fenólicos. Resultados similares fueron reportados por Singh y Singh (2012), los compuestos fenólicos mostraron comportamientos diferentes dependiendo de las condiciones de almacenamiento, las ciruelas almacenadas con atmosferas modificadas mantuvieron constante la cantidad de compuestos fenólicos, mientras que las que fueron almacenadas sin atmosferas modificadas se redujo considerablemente ($p < 0.05$) la concentración de estos compuestos, durante el almacenamiento. Por otro lado, la concentración de antocianinas incrementó de 100-340% al paso del tiempo de almacenamiento, los valores más altos de antocianinas se observaron a mayores temperaturas (T2, T3 y T5). Además, existen estudios que demuestran que la aplicación de etileno exógeno provoca un aumento de la síntesis de antocianinas, lo que indica que dentro del gen promotor de la actividad existe un elemento regulador que responde a esta hormona lo que explica que las frutas almacenadas herméticamente sean de los tratamiento que aumentaron rápidamente la concentración de antocianinas; por otra parte, altas concentraciones de CO₂ inhibe la producción de etileno, ya que altera la ruta de biosíntesis. Las antocianinas contribuyen a la capacidad antioxidante de la ciruela. Esto ha sido corroborado en este estudio ya que el comportamiento de la capacidad antioxidante muestra un comportamiento similar a las antocianinas respecto a las diferentes condiciones de almacenamiento. Una alta concentración de CO₂ y baja de O₂ disminuye la producción de ácido ascórbico y antocianinas. Durante el proceso de maduración de la ciruela, sufre diferentes procesos, lo que lleva a cambios de color debido a la acumulación de antocianinas lo que involucra varios genes y rutas bioquímicas. En la tabla 6 se observa una correlación negativa entre los parámetros de *a* y *b* y la acumulación total de antocianinas y la capacidad antioxidante, lo que es importante ya que las ciruelas moradas son las más demandadas por los consumidores (Kobayashi et

al. 2001; Cordenunsi et al 2005; Khan y Singh, 2007;Castañeda-Ovando et. al.2009; Sanchez et al., 2001; Turturică et al., 2016).

Tabla 6. Correlación de Pearson entre los parámetro de color y los compuestos antioxidantes durante el almacenamiento.

	<i>a</i>	<i>b</i>	Fenoles totales	Antocianinas	Capacidad antioxidante
<i>a</i>	1.0	0.84	-0.23	-0.88	-0.86
<i>b</i>	-	1.0	-0.33	-0.74	-0.84
Fenoles totales	-	-	1.0	0.13	0.24
Antocianinas	-	-	-	1.0	0.81
Capacidad antioxidante	-	-	-	-	1.0

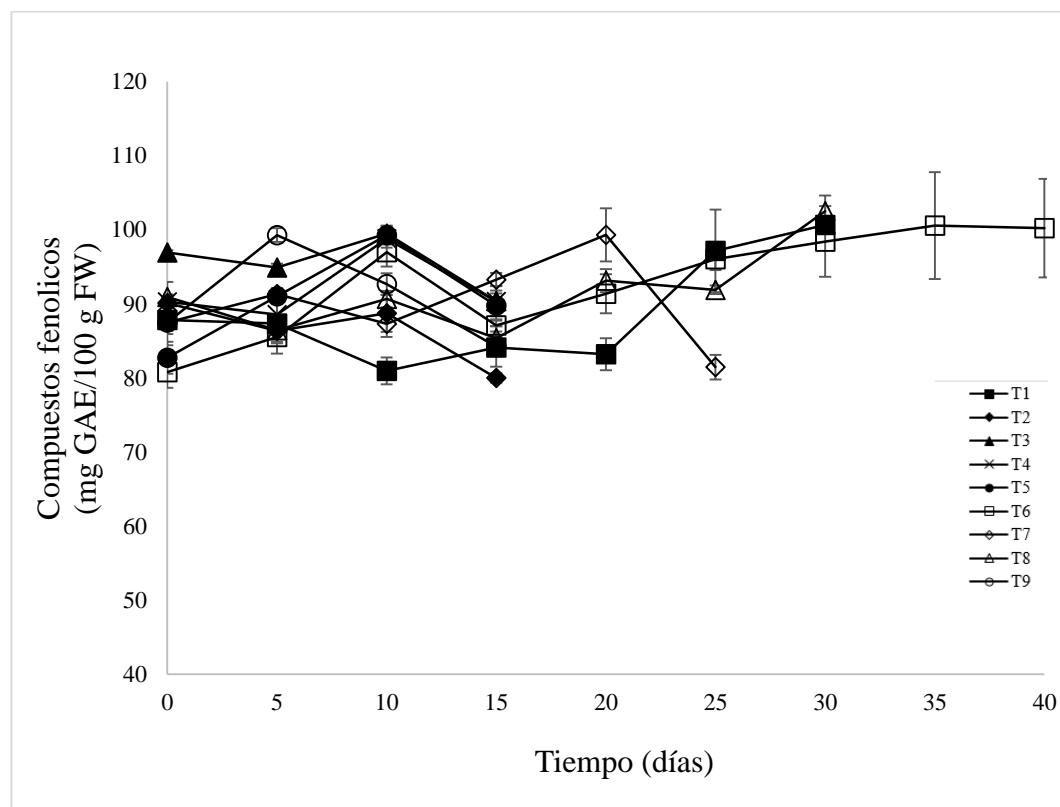


Figura 6: Evaluación de la concentración (mg GAE100 g FW) de los compuestos fenólicos a lo largo del almacenamiento de la ciruela (*Prunus salicina* CV. Moscatel), con los diferentes tratamientos

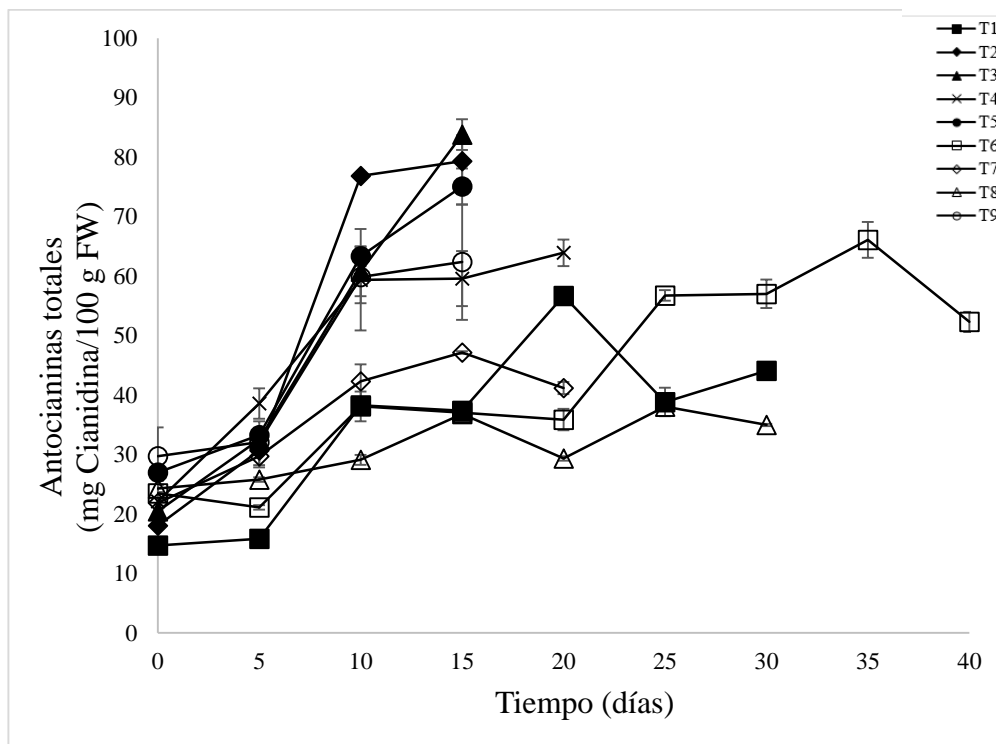


Figura 7. Evaluación de la concentración de antocianinas (mg cianidina/ 100g FW) a lo largo del almacenamiento de la ciruela (*Prunus salicina* CV. Moscatel) en los diferentes tratamientos

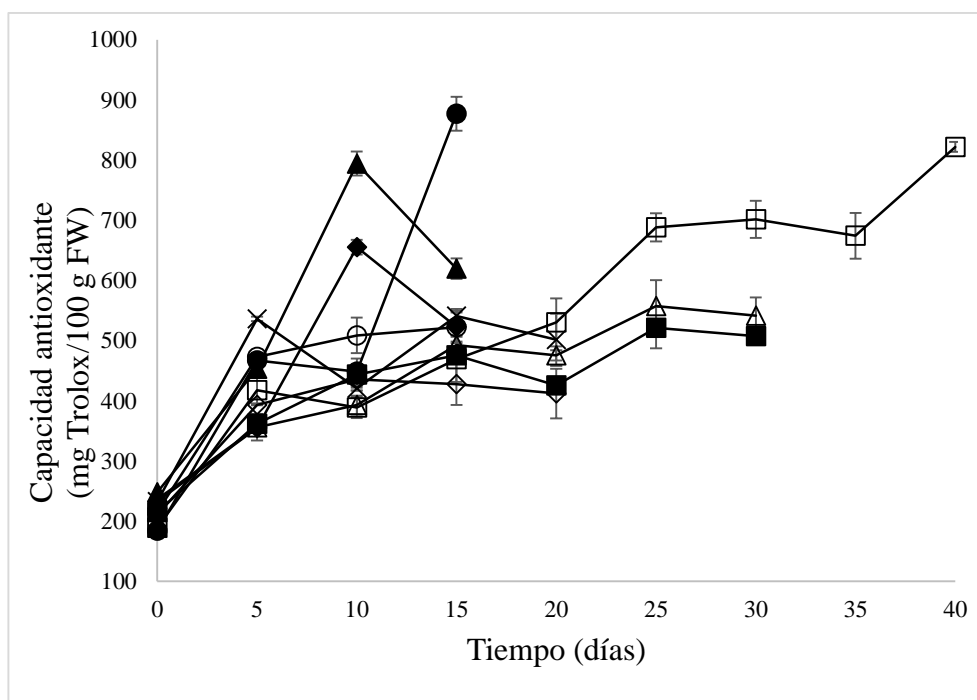


Figura 8. Evaluación de la capacidad antioxidante (mg Trolox /100g FW) a lo largo del almacenamiento de la ciruela (*Prunus salicina* CV. Moscatel) con los diferentes tratamientos.

7.2.6 Evaluación microbiológica de la ciruela a lo largo del almacenamiento

La alta concentración de microorganismos resulta en un corto tiempo de vida útil, mientras que bajas concentraciones mejoran la calidad, las atmosferas modificadas reduce la carga microbiana así como el lavado con jabón y la sanitización química realizada con cloro de uso doméstico remueve las bacterias del producto y la irradiación en el producto fresco puede eliminar la carga microbiana de las ciruelas ofreciendo productos más seguros. Durante el almacenamiento se observa que la carga microbiana (BMA, mohos y levaduras) permanecen constantes (< 100 CFU g⁻¹), independientemente de las condiciones de cada tratamiento, Guerrero-Beltran y Barbosa-Canovas (2004) reportan que la luz UV-C puede ser usada para la descontaminación de frutas y verduras, en el caso de la fruta entera o picada. Los resultados obtenidos son similares a los que obtuvo D'Hallewin et al. (2013); ya que ellos reportan que la luz UV-C reduce la carga microbiana en ciruelas inoculadas con *Penicillium expansum* L. y *Botrytis cinérea* (Zagory D., 1999).

7.2.7 Evaluación sensorial del tratamiento que ofrece los mejores resultados de almacenamiento (T6)

El tratamiento que ofreció mejores resultados durante el almacenamiento de ciruela fue el tratamiento 6 (lavado, 60 s de luz UV-C, empaque cerrado y 5°C). Con este tratamiento se logró alargar la vida útil durante 40 días. Por lo tanto, se le realizó el análisis sensorial cada 10 días evaluando textura, olor, sabor y color, los resultados se muestran en la figura 11. Se observa que el olor, la textura y el sabor se mantienen constantes durante los primeros 20 días del almacenamiento, posteriormente esta tendencia baja a “no me gusta ni me disgusta” y a “me gusta moderadamente”, esta tendencia se relaciona con los valores de la evaluación fisicoquímica, principalmente la acidez. Crisosto et al. 2004 menciona que durante la maduración y el almacenamiento de las ciruelas la acidez, la astringencia y la firmeza decaen, y los compuestos volátiles contribuyen al incremento en la aceptación del consumidor. Por otra parte el color es una de las características sensoriales más importantes. En la figura 11d se presenta la evaluación del color durante el almacenamiento, se observa que la aceptación de los jueces al principio del almacenamiento indica una aceptación de “me gusta” del 45%, y a lo largo del almacenamiento la aceptabilidad del color

por parte de los jueces se ve incrementada, el 60% de estos indicó que el producto les gustaba mucho, lo que revela que los jueces notaron la diferencia de color entre el principio (rojo brillante) y el final (morado) del almacenamiento, lo que se corrobora con los valores obtenidos de la evaluación de color con el colorímetro. Es importante notar que los atributos de calidad de la ciruela debe ser relacionada con la aceptación del consumidor para poder ofrecer ciruelas con un máximo potencial de vida de anaquel (Crisosto et al. 2003).

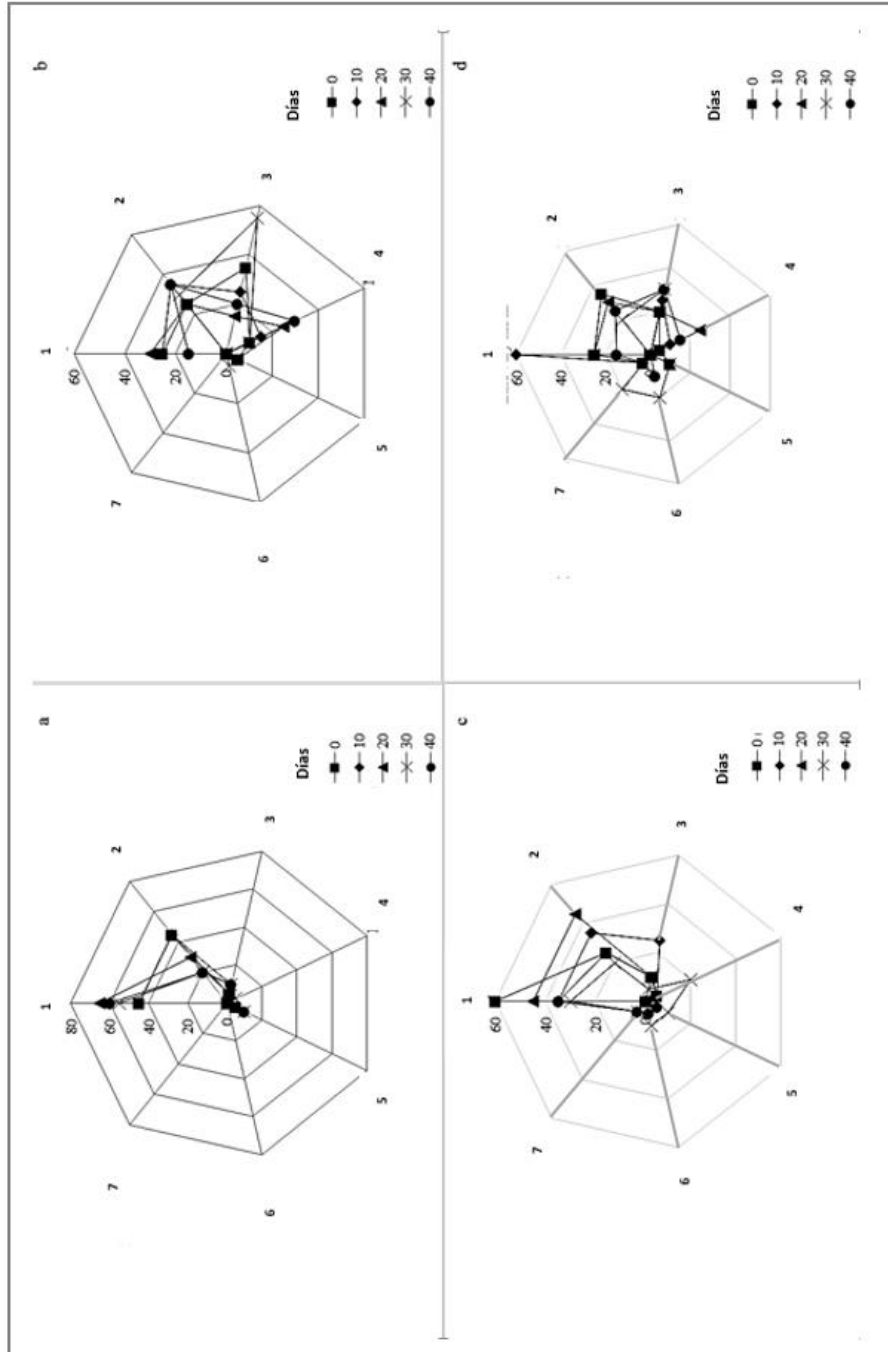


Figura 9: Evaluación sensorial de la ciruela (*Prunus salicina* CV. Moscatel) lavada, expuesta a luz UV-C 60s, empaque hermético y almacenada a 5°C durante 40 días (a: *textura* b: *olor* c: *sabor* d: *color*. 1. Me gusta mucho, 2. Me gusta moderadamente, 3. Me gusta ligeramente, 4. Ni me gusta ni me disgusta, 5. Me disgusta ligeramente, 6. Me disgusta moderadamente, 7. Me disgusta mucho).

9 CONCLUSIONES

La ciruela moscatel es un fruto ácido y con un contenido medio de sólidos solubles totales, que presenta una coloración rojo brillante al momento de su cosecha, con un alto contenido de antocianinas, lo cual le confiere una alta capacidad antioxidante.

Los pretratamientos de limpieza y exposición a la luz UV-C, no presentaron efecto significativo sobre las características fisicoquímicas del fruto, sin embargo presenta efecto sobre el contenido de compuestos antioxidantes, ya que los que fueron expuestos a tiempos de 60 segundos presentan mayores concentraciones de fenoles, antocianinas y capacidad antioxidante, por otra parte se observa un efecto sinérgico con las condiciones de almacenamiento sobre el comportamiento microbiológico.

El tratamiento que mantuvo durante más tiempo las características de la ciruela fue el tratamiento 6 que fue lavado y expuesto a 60 segundos a luz UV-C, almacenada con empaque cerrado a 5°C, ya que presentó las características de calidad durante todo el almacenamiento (40 días).

La evaluación sensorial refleja que la ciruela es bien aceptada durante el tiempo de almacenamiento, lo cual indica que el tratamiento es eficaz para mantener la comercialidad de la ciruela.

Este estudio fue demostrada la importancia de los diferentes aspectos a controlar para prolongar el tiempo de vida útil y evitar pérdidas, factores previos al almacenamiento que pueden reducir los daños una vez el producto se almacena, y ya en almacenamiento aquellos factores que pudieran causar daños o producir resultados indeseables en la ciruela

10 SUGERENCIAS

A partir de los resultados obtenidos se sugiere investigar a fondo el efecto de diferentes tipos de empaques a bajas temperaturas (empacado en atmósferas modificadas), debido a que estos fueron los factores que afectaron mayormente los factores de calidad así como realizar la experimentación sobre diferentes variedades de ciruelas.

Realizar el almacenamiento en condiciones más controladas y libres de microorganismos externos. Evaluar específicamente el cambio en los compuestos antociánicos utilizando HPLC, así como evaluar si los tratamientos afectan el valor vitamínico de la ciruela.

11 REFERENCIAS

1. Adams, M. R. y Moss, M. O. (1995). Food microbiology. The royal society o chemistry.Pp. 577.
2. Aguilera-Ortíz M., Vargas, R., Chew-Madinaveitia, G. y Meza-Velázquez J. (2011) Functional properties of anthocyanins. Revista biotecnia. pp. 1, 17.
3. Ayala-Zavala, J.F., Wang, S., Wang, C., González-Aguilar, G.A. (2004). Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. Lebensm. Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie. pp.37, 687–695.
4. Baka, M.; Mercier, J.; Corcuff, R.; Castaigne, F.; & Arul, J. (1999). Photochemical Treatment to Improve Storability of Fresh Strawberries. Journal of food science. pp. 64..
5. Barret, D.M., Beauliey, J.C., and Shewfelt, R. (2010). Color, Flavor, Texture, and Nutritional Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Desirable Levels, Instrumental and Sensory Measurement, and the Effects of Processing. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 50. pp 369–389.
6. Bintsis, T., LitopoAcontiulou-Tzanetaki, E., Richard, K.R. (2000). Existing and Potential Applications of Ultraviolet Light in the Food Industry. A Critical Review. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80. Pp 637-645
7. Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M., Páez-Hernández, M., Rodríguez J., Galán-Vidal, C. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. Food Chemistry. pp. 860-861.
8. Cevdet, N., Hasan, Y. (1997). Research on Chemical Composition of Some Varieties of European Plums (*Prunus domestica*) Adapted to the Aegean District of Turkey. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45(8). pp. 1,2.

9. Cinquanta, L., Di Matteo, M.; Esti, M., (2002). Physical pre-treatment of plum (*Prunus domestica*). Part 2. Effect on the quality characteristics of different prune cultivars. Food chemistry. pp. 233-238.
10. Cisneros-Zevallos, L. (2003) The use of controlled postharvest abiotic stresses as a tool for enhancing the nutraceutical content and adding-value of fresh fruits and vegetables. Journal of Food Science. No. 68. pp1560- 1564
11. Comité del Codex Sobre Frutas y Hortalizas Elaboradas. (2000). Métodos de Análisis Para Frutas y Hortalizas Elaboradas. Recuperado el 18 de Septiembre de 2015, organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
12. Crisosto, C.H., Crisosto, G.M., Metheney, P. (2003). Consumer acceptance of 'Brooks' and 'Bing' cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual skin color. Postharvest Biology and Technology, 28. pp 159-167.
13. Crisosto, C.H., Garner, D., Crisosto, G.M., Bowerman, E. (2004). Increasing 'Blackamber' plum (*Prunus salicina* Lindell) consumer acceptance. . Postharvest Biology and Technology, 34. pp 237–244.
14. D'Hallewin, G., Cubaiu, L., Ladu, G., Venditti, T. (2013). A synergistic effect in controlling plum postharvest diseases occurs by applying UV-C light to sodium bicarbonate treated fruit. Communications in agricultural and applied biological sciences, 78. pp 579-83.
15. Donovan, J., Meyer, A., Waterhouse, A. (1998). Phenolic Composition and Antioxidant Activity of Prunes and Prune Juice (*Prunus domestica*). Lyngby. Denmark. Journal of agricultural and food chemistry. 46(4), Pp. 1247, 1248.
16. Fonseca, M. J., Rushing, J. W. (2006). Effect of ultraviolet- C light on quality and microbial population of fresh cut watermelon. Postharvest biology technology, 4(3). Pp 256-261.

17. FAO. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (1989). Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Parte 2. <http://www.fao.org/docrep/x5056s/x5056S00.htm#Contents> [Accesed 23 Apr. 2016]
18. Gil, M. I., Selma M. V., López-Gálvez F., Allende A. (2009). Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: Problems and solutions. *International Journal of Food Microbiology*. pp. 37–45
19. Gil, M.I, Tomás-Barberán, F.A., Hess-Pierce, B., Kader, A.A. (2002). Antioxidant Capacities, Phenolic Compounds, Carotenoids, and Vitamin C Contents of Nectarine, Peach, and Plum Cultivars from California. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. pp.4976-4982.
20. Guerrero-Beltrán, J.A., Barbosa-Cánovas, G.V. (2004). Review: Advantages and Limitations on Processing Foods by UV Light. *J.A. Food Science and Technology International*. pp. 10, 137–147.
21. Guitierrez, A., Palou, E. & López-Malo, A. (2012). Equipos para tratamientos de alimentos con radiación UVC. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*. Pp. 149-159.
22. Gutiérrez-Avella D. M., Ortiz-García C. A., (2008). Medición de Fenoles y Actividad Antioxidante usada para alimentación animal. *Centro Nacional de Metrología UAQ*. pp..1108-1-1108-5.
23. Gomez-Sancheza, A. I. Vazquez-Aguilar. (2007). Tecnología de empackado en atmósferas modificadas: principios, desarrollo en investigación y aplicación. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*. pp. 66, 79.
24. Haro - Maza J., Guerrero – Beltrán J. A. (2013). Efecto de la radiación UV-C en frutas y verduras. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*. p.p. 68-77.

25. Irtwange, S. V. (2006). Application of modified atmosphere packaging and related technology in postharvest handling of fresh fruits and vegetables. *Agricultural Engineering International*. pp. 4, 1-12.
26. Khan, A. S., Singh, Z. (2007). 1MCP regulates ethylene biosynthesis and fruit softening during ripening of “Tegan Blue” plum. *Post harvest biology and technology*. Australia. pp. 298-306.
27. Kobayashi, K., Matsuyama, H., Maki, T., Tearamoto, M., Tsuruta, H. (2001). Effect of the ethylene content of poly(ethylene-co-vinyl alcohol) on the formation of microporous membranes via thermally induced phase separation. *Journal of applied polymer science*. pp. 2583-2589.
- 30 Lancaster, I. E. y Carolyn, E. I. (1997). Influence of pigment composition skin color in a wide range of fruit and vegetable. *Journal of the American society for horticultural science*. pp. 549-598.
- 31 Leon, J. (1968). *Fundamentos botánicos de los cultivos trópicos*. IICA, primera edición. pp. 330.
- 32 López-Rubira V., Conesa A., Allende A. y Artés F. (2005). Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. *Postharvest biology and technology*. P.p. 174-185.
- 33 Luckey T D (1991) *Radiation Hormesis*. CRC Press. Primera edición. pp:33-45.
- 34 Maguire, K. M., Banks, N. H. and Opara, L. U. (2000) Factors Affecting Weight Loss of Apples, in *Horticultural Reviews*, Volume 25 (ed J. Janick), John Wiley & Sons, Inc., Oxford, UK.
- 35 Manganaris, G.A., Vicente, A.R., Crisosto, C.H. (2008). Effect of preharvest and postharvest conditions and treatments on plum fruit quality. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. pp. 1-9.

- 36 Martínez-Romero, D., Dupille, E., Guilleán, F., Valverde, J.M., Serrano, M., Valero, D. (2003). 1-Methylcyclopropene Increases Storability and Shelf Life in Climacteric and Nonclimacteric Plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. pp. 4680-4686
- 37 Norma oficial mexicana. (1994). NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Recuperado el 15 de septiembre de 2015, de secretaria de salud de los estados unidos mexicanos; <http://www.salud.gob.mx/cdi/nom/092ssa14.html> [Accesed 23 March. 2016].
- 38 Norma oficial mexicana. (1994). NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Recuperado el 15 de septiembre de 2015, de secretaria de salud de los estados unidos mexicanos. Available at: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/092ssa14.html> [Accesed 23 March. 2016].
- 39 Norma Mexicana. (1986). NMX-F-083-1986. Alimentos. determinación de humedad en productos alimenticios. foods. moisture in food products determination. Normas mexicanas. Dirección general de normas. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-083-1986.PDF>. [Accesed 23 March. 2016].
- 40 Otakar-Rop, Tunde-Jurikova, Jiri-Mlcek, Daniela-Kramarova, Zultsetseg-Sengee. (2009). Antioxidant activity and selected nutritional values of plums (*Prunus domestica* L.) typical of the White Carpathian Mountains. *Scientia Horticulturae*. pp. 545, 546.
- 41 Palmero, J. A., García, M. A., Avila, E. C & Suárez, M. D. (2007). Evaluación de la respuesta de la combinacion de carne de chivo, pollo y cerdo en jamón cocido. *AGROLLANIA*, 4, pp. 23-36.
- 42 Parra-Coronado, Alfonso, Hernández Hernández, José Eugenio, Camacho-Tamayo, Jesús Hernán. (2008). Estudio fisiológico poscosecha y evaluación de la calidad de la ciruela variedad Horvin (*Prunus domestica* L.) bajo tres condiciones de almacenamiento refrigerado. *Ingeniería e*

[Fecha de consulta: 22 de agosto de 2016] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64328111>> ISSN 0120-5609

43 Robert, E. Paull. (1999). Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity Quality. *Postharvest Biology and Technology*. *Postharvest biology and technology*, 15(3). pp. 263-277.

44 Rizzo, V, Muratore, G. (2009). effects of packaging on shelf life of fresh celery. *Journal of engineering*. pp. 124-128

45 Sánchez-Robles, Ochoa-Bautista, Rodríguez-Cruz, Roque-Zavaleta, Ortega-Rivas, Palacios-Flores (2001), De nuestra cosecha, situación actual de la ciruela en Mexico. México Revista mensual producida y editada por Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria, Órgano Desconcentrado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Pp. 4-12.

46 Sedat-Çalışıra, Haydar-Haciseferoğulları, Musa-Özcanb, Derya-Arslanb (2005), Some nutritional and technological properties of wild plum (*Prunus* spp.) fruits in Turkey. *Journal of food engineering*.

47 Shama, G. (1999). Ultraviolet light. In Robinson, R. K., Batt, C. and Patel P. (Eds). *Encyclopedia of Food Microbiology*. London: Academic Press. Pp. 2208.

48 Shewfelt, R.L. 1986. Postharvest treatment for extending shelf life of fruits and vegetables. *Food Technology* 40(5):70-78, 89.

49 Singh, S.P., Singh, Z. (2012). Postharvest oxidative behaviour of 1-methylcyclopropene treated Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell) during storage under controlled and modified atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*. Pp. 74, 26–

- 50 Stacewicz-Sapuntzakis, Bowen-Hussain, Damayanti-Wood, Farnsworth. (2001). Chemical composition and potential health effects of prunes: a functional food. *Critical reviews in food science and nutrition*, 41(4). Pp. 251-86.
- 51 Steffens, C.A., Talamini do Amarante, C.V., de Oliveira, E., Brackmann, A., Roseli, T., Pansera, B. (2014). Storage of Laetitia plums (*Prunus salicina*) under controlled atmosphere conditions. *African Journal of Biotechnology*. Pp. 3239-3243.
- 52 Stevens C., Kahan V. A., Lu Y. J., Wilson C.L., Pusey P. L., Kabue M. K., Igwagbe E. C., Chautz E. y Droby S. (1998). The germicidal and hermetic effects of UV-C light on reducing Brown rot diseases and yeast microflora of peaches. *Crop protection*, 17 (1). Pp. 75-84.
- 53 Turturică, M., Stănciuc, N., Bahrim, G., Răpeanu, G. (2016). Effect of thermal treatment on phenolic compounds from plum (*Prunus domestica*) extracts-A kinetic study. *Journal of Food Engineering*. Pp. 200-207.
- 54 Vangdal, E. Flatland, S., Nordbo, R. (2007). Fruit quality changes during marketing of new plum cultivars (*Prunus domestica* L). *Hort Sci*. Pp. 34, 91–95 91
- 55 Usenik, V., Stampar, F., Veberic R. (2008). Anthocyanins and fruit colour in plums (*Prunus domestica*) during ripening. *Food Chemistry*. Pp. 529-534
- 56 Wilson, C.L., Wisniewski, M.E., Biles, C.L., McLaughlin, R., Chalutz, E., Droby, S., (1991). Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables: alternatives to synthetic fungicides. *Crop Protection*. pp. 172-177.
- 57 Yahia, M. E., Araiza, R. (2001). Tratamientos físicos en postcosecha de frutas y hortalizas. *Revista extra. Universidad Autónoma de Querétaro*. Pp. 81, 86, 88.
- 58 Zagory, D. (1999). Effects of post-processing handling and packaging on microbial population. *Postharvest biology and technology*. pp. 313-321.

12 ANEXO

Hoja de Evaluación sensorial

Fruto: Ciruela moscatel

A continuación se te presenta una ciruela moscatel la cual deberás evaluar en sus características sensoriales indicando con una X en cada línea el nivel de agrado.

	COLOR	OLOR	TEXTURA	SABOR
Me gusta mucho				
Me gusta moderadamente				
Me gusta ligeramente				
Ni me gusta ni me disgusta				
Me disgusta ligeramente				
Me disgusta moderadamente				
Me disgusta mucho				

Comentarios generales: _____

