



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**FORMULACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES A
BASE DE POLISACÁRIDOS DE *Crataegus mexicana*
D.C. Y EXTRACTOS DE VITACEAE**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:
ABYGAIL ADARELY MARTÍNEZ MENDOZA**

**COMITÉ DE TUTORES
Dr. OMAR FRANCO MORA. Tutor Académico
Dr. JESÚS RICARDO SÁNCHEZ PALE. Tutor Adjunto
Dr. JESÚS RUBÉN RODRÍGUEZ NÚÑEZ. Tutor Adjunto**

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, Septiembre de 2020.

CONTENIDO

DEDICATORIA	3
RESÚMEN.....	4
ABSTRACT	6
AGRADECIMIENTOS.....	8
CONTENIDO.....	9
LISTA DE TABLAS.....	12
LISTA DE FIGURAS	13
I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	16
II. JUSTIFICACIÓN.....	20
III. HIPÓTESIS	21
IV. OBJETIVO GENERAL	21
4.1 Objetivos específicos.....	21
V. REVISIÓN DE LITERATURA	22
5.1 Empaques alimentarios.....	22
5.1.1 Recubrimientos comestibles	23
5.1.2 Propiedades de los recubrimientos comestibles	24
5.1.3 Componentes.....	25
5.1.3.1 Proteínas	27
5.1.3.2 Lípidos y resinas.....	29
5.1.3.3 Polisacáridos.....	29
5.1.3.4. Mezclas.....	31
5.1.3.5. Glicerol.....	32
5.1.3.6. Extractos vegetales.....	33
5.2 Empleo de películas comestibles en frutas	34
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
6.1 Monitoreo de la fructificación de <i>Cissus</i> spp.....	35

6.2.	Empleo de recubiertas comestibles	37
6.2.1	Obtención de pectina	37
6.2.2.	Extracción de aceite de vegetal y determinación de ácidos grasos	37
6.2.3.	Obtención de extractos vegetales	38
6.2.4	Elaboración de recubrimientos	38
6.2.5.	Aplicación en frutas	38
6.2.5.1	Estudio postcosecha	40
6.2.6	Análisis estadístico	43
VII.	RESULTADOS.....	44
7.1.	Fruit characteristics of <i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicholson and C. E. Jarvis and <i>C. tiliacea</i> Kunth during two complete harvest seasons	45
7.2.	Evaluación de recubrimientos comestibles a base de pectina de tejocote (<i>Crataegus mexicana</i> Mot. & Sess, ex DC., Rosaceae) en la postcosecha de tihuixocote (<i>Ximenia americana</i> L., Olacaceae).	66
7.3	Recubrimiento comestible aplicado a ciruela mexicana (<i>Spondias purpurea</i>).....	84
7.3.1	Introducción	84
7.3.2.	Materiales y Métodos	85
7.3.3.	Resultados y discusión	85
7.3.3.1.	Cinética de peso fresco	86
7.3.3.2.	Contenido de sólidos solubles totales	88
7.3.3.3.	Firmeza del fruto.....	90
7.3.3.4.	Respiración	92
7.3.3.5.	Acidez titulable.....	94
7.3.3.6.	Color.....	95
7.3.3.6.1.	Luminosidad.....	95

7.3.3.6.2. Croma	97
7.3.4. Conclusiones.....	99
7.4. Recubrimiento comestible aplicado a <i>Prunus serotina</i>	101
7.4.1. Introducción	101
7.4.2. Materiales y Métodos	102
7.4.3. Resultados y discusión	103
7.4.3.1. Cinética de peso fresco	103
7.4.3.2. Firmeza.....	104
7.4.3.3. Color.....	106
7.4.3.4. Crecimiento microbiano	109
7.4.4. Conclusión	113
7.5. Composición y contenido de aceite de <i>Cissus</i> y <i>Vitis</i>	114
7.5.1. Factores que afectan el contenido y extracción	114
VIII. DISCUSIÓN GENERAL.....	116
IX. CONCLUSIÓN GENERAL	117
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
XI. ANEXOS	145

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especies empleadas para la aplicación de recubrimientos comestibles a base de pectina y extractos de vitáceas.....	39
Tabla 2. Physical and biochemical Cissus fruit characteristics in two harvest seasons in Zumpahuacan, México, Mexico; and the accumulated temperature during 40 days previous harvest.....	60
Tabla 3. Analysis of variance for factors of fruit size, color and flavor in two Cissus species, growing in two harvest periods in Zumpahuacan, México, Mexico. .	61
Tabla 4. Porcentaje de aceite de semilla de Cissus	115
Tabla 5. Contenido de ácidos grasos en aceite de semilla de Cissus	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fruit weight in two <i>Cissus</i> species harvested continuously in two different harvest seasons.	62
Figura 2. Fruit hue in two <i>Cissus</i> species harvested continuously in two different harvest seasons.	63
Figura 3. Analysis of main components on the main fruit quality parameters of <i>Cissus verticillata</i> , in the icons all the measured accesses and the contribution of the cases.	64
Figura 4. Analysis of main components on the main fruit quality parameters of <i>Cissus tiliacea</i> , in the icons all the measured accesses and the contribution of the cases.	65
Figura 5. Tasa de pérdida de peso en frutos de <i>Ximenia americana</i> , en los periodos postcosecha 2017 y 2018, a dos temperaturas de almacenamiento.....	76
Figura 6. Firmeza de la cáscara de frutos de <i>Ximenia americana</i> , en los periodos postcosecha 2017 y 2018, a dos ambientes de almacenamiento.....	78
Figura 7. Firmeza de la pulpa de frutos de <i>Ximenia americana</i> , en los periodos postcosecha 2017 y 2018, a dos ambientes de almacenamiento.....	79
Figura 8. Contenido de sólidos solubles (°Brix) en frutos de <i>Ximenia americana</i> en los periodos postcosecha 2017 y 2018, a dos ambientes de almacenamiento ...	80
Figura 9. Acidez titulable en frutos de <i>Ximenia americana</i> en los periodos postcosecha 2017 y 2018, a dos ambientes de almacenamiento	82

Figura 10. Tasa de pérdida de peso en frutos de <i>Spondia purpurea</i> , bajo dos temperaturas de almacenamiento.	86
Figura 11. Contenido de sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de <i>Spondia purpurea</i> , bajo dos temperaturas de almacenamiento.	89
Figura 12. Firmeza en frutos de <i>Spondia purpurea</i> , bajo dos temperaturas de almacenamiento.	91
Figura 13. Tasa de respiración en frutos de <i>Spondia purpurea</i> , bajo dos temperaturas de almacenamiento.	93
Figura 14. Acidez titulable en frutos de <i>Spondia purpurea</i> , bajo dos temperaturas de almacenamiento.	95
Figura 15. Luminosidad en frutos de <i>Spondia purpurea</i> , bajo dos temperaturas de almacenamiento.	97
Figura 16. Cromaticidad en frutos de <i>Spondia purpurea</i> , bajo dos temperaturas de almacenamiento.	99
Figura 17. Tasa de pérdida de peso en frutos de <i>Prunus serotina</i> , bajo dos temperaturas de almacenamiento.	104
Figura 18. Firmeza en frutos de <i>Prunus serotina</i> , bajo dos temperaturas de almacenamiento.	105
Figura 19. Parámetros de color en frutos de <i>Prunus serotina</i> , bajo dos temperaturas de almacenamiento.	107
Figura 20. Luminosidad y parámetro a de color en frutos de <i>Prunus serotina</i> , bajo dos temperaturas de almacenamiento.	108

Figura 21. Porcentaje de infección por *Penicillium* en frutos de *Prunus serotina*, bajo dos temperaturas de almacenamiento.110

Figura 22. Imagen al microscopio de *Penicillium* presente en frutos de *Prunus serotina*, bajo dos temperaturas de almacenamiento.112

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

La pectina es uno de los principales componentes de la pared celular vegetal, la cual contribuye a la integridad del tejido y la rigidez; por lo que, se considera una de las más complejas macromoléculas en la naturaleza, cuya composición química se basa en ácido poli- α -1-4 galacturónico. Además, de acuerdo a su grado de esterificación con metanol, la pectina puede ser clasificada como de alto o bajo metoxilo; permitiéndole tener propiedades espesantes, estabilizantes y sobre todo propiedad funcional de gelificación en medio ácido azucarado. Esta última característica, permite su uso extendido en la industria transformadora de frutas. Cabe resaltar que, en la industria alimentaria, la pectina se considera un alimento seguro (GRAS, por sus siglas en inglés) por la Administración de Alimentos y Medicamento (FDA) y se utiliza en productos alimenticios tales como mermeladas, bebidas de yogur, bebidas de leche con sabor a fruta y helados.

Asimismo, gran variedad de frutas contienen pectina, en mayor o menor cantidad, sin embargo, el grupo de frutas que contienen la suficiente cantidad de pectina para formar un gel es reducido; un ejemplo de ellas es el tejocote (*Crataegus mexicana* DC.). A pesar de ello, comercialmente, la pectina es fabricada a partir de la pulpa de manzana (*Malus domestica* Borkh.) y naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck).

El Estado de México es centro de dispersión del tejocote y considerando la cantidad de pectina presente en dicho fruto, así como la propiedad de polimerización que presenta, es interesante el estudio de su transformación agroindustrial, en este caso como recubrimiento comestible para el uso en frutas. El uso de pectina contribuye con la preservación de alimentos de forma amigable con el ambiente.

Los recubrimientos comestibles son materiales poliméricos de origen lipídico, proteico o glucosídico (celulosa, quitosano, almidón y pectina) acompañados por compuestos plastificantes que aumenten su poder de elongación como el polietilenglicol, glicerol o glicerina y sorbitol; así, son capaces de formar capas delgadas de materiales comestibles aplicados en productos alimenticios de tal modo que apoyan en la preservación, distribución y comercialización de los mismos. Los recubrimientos comestibles no siempre reemplazan a los empaques sintéticos, sino que disminuyen su uso; además, ayudan a prolongar el estado fresco de frutas y verduras y, por ende, la vida útil de estos. Pueden usarse para controlar la permeabilidad al agua, al oxígeno y al dióxido de carbono, así como la permeabilidad lipídica en un sistema alimenticio. En general, se desea que estas películas sean totalmente neutras con respecto al color y olor del alimento. También pueden usarse como portadoras de agentes antioxidantes o nutrimentos tales como vitaminas y minerales.

Sin embargo, a pesar de tener una amplia información técnica sobre los recubrimientos comestibles, éstos no pueden ser usados de forma universal en todos los alimentos, cada película tendrá propiedades de barrera y mecánicas específicas en función de su formulación (Bosquez, 2014). Por lo que, en la actualidad, varios autores han utilizado aceites esenciales como aditivos en las formulaciones de sus recubrimientos y de este modo es posible incorporar agentes antimicrobianos obteniendo significativa inhibición en el crecimiento patogénico de frutos y carnes (Bosquez–Molina *et al.*, 2010, Fakhouria *et al.*, 2015, López de Lacey *et al.*, 2012). Sin embargo, no solo los aceites esenciales proveen protección antimicrobiana ya que autores como Raybaudi–Massilia *et al.* (2008) mencionan que al incorporar ácidos

grasos, como el ácido palmítico, en recubrimientos inhibieron el crecimiento de *Salmonella*, conservando el producto fresco con buenos parámetros de calidad.

Aunado a esto, la adición de extractos vegetales en recubrimientos comestibles ha mostrado efectos positivos en mantener la calidad de productos frescos, debido a su composición química, lo que le otorga usos en la medicina tradicional, como sucede con algunas plantas de la familia Vitaceae (*Cissus* y *Vitis*).

Los extractos de *Vitis vinifera* L. se han utilizado durante siglos, por su efecto antimicrobiano, analgésico, antiinflamatorio, antioxidante y protector de los tejidos en la medicina tradicional (Stohs *et al.*, 2013). Por otro lado, Charas *et al.* (2015) demostraron que los extractos vegetales de *Cissus quadrangularis* L., inhiben la presencia de *Staphylococcus aureus* Rosenbach. Inclusive, Apolonio-Rodríguez *et al.* (2017) afirman que los extractos vegetales de hojas de *Vitis* spp contienen resveratrol, ácido gálico y ácido ferúlico, mismos que apoyaron en la inhibición de *Botrytis cinerea* Whetzel. Del mismo modo, Tamburaci *et al.* (2018), mencionan que, los extractos de *Cissus* contienen vitaminas, esteroides, ácido ascórbico, caroteno, vitamina C, potasio, calcio, zinc, sodio, hierro, plomo, cadmio, cobre, oxalato de calcio y magnesio, pero no especifican el órgano vegetal de donde se obtuvo dicho extracto. Finalmente, Scull *et al.* (2000) señalan la presencia de taninos, compuestos reductores, triterpenos-esteroides, aminoácidos, compuestos grasos y flavonoides en toda la parte aérea de la planta. Franco-Mora *et al.* (2016) y Ouoba *et al.* (2018) sugieren que esta especie es una fuente potencial de bio-aceite y que sus propiedades podrían ser probadas, ya que hay pocos estudios al respecto convirtiéndolo así en un recurso clave, del cual es crítico para su manejo, conocer información fenológica sobre la fructificación (Wallace y Painter, 2002). Los recursos clave se encuentran disponibles durante épocas de

escasez de recursos y por lo tanto son mucho más importantes que aquellos que ocurren durante épocas de abundancia. Por esta razón en este trabajo se realizó la evaluación fenológica de fructificación en frutos de dos especies de *Cissus* para su posible uso en la elaboración de recubrimientos comestibles, impulsando así la conservación de dicho género. Asimismo, se elaboraron y evaluaron dos recubrimientos comestibles a base de pectina de tejocote y extractos de Vitacea. Donde se analizaron diferentes extractos provenientes de dos fuentes vegetales de la familia vitaceae (*Cissus* y *Vitis* spp.) en la misma formulación del polímero para encontrar una formulación con mejores propiedades de barrera.

II. JUSTIFICACIÓN

México es un país con amplia diversidad vegetal; particularmente entre las especies frutales se indica que la producción comercial se basa en no más de 15 especies, entre ellas durazno (*Prunus persica* L. (Batsch)), mango (*Mangifera indica* L.), banana (*Musa* spp. L.), aguacate (*Persea americana* Mill), etc. Por otro lado, aún en fechas actuales, existen especies frutícolas poco conocidas y por consiguiente, menos estudiadas. El centro de México, en el cual se puede incluir a los estados de México, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Morelos, Querétaro, etc, presenta microclimas que permiten la presencia de varias especies frutícolas poco estudiadas entre ellas tejocote, tihuixocote (*Ximenia americana* L.), vid silvestre (*Vitis* spp.), *Cissus* Nicholson & Harvies., ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.), capulín (*Prunus serotina* Ehrn.), etc.

El estudio de las especies poco conocidas no solo permitirá su rescate, también mejorará su manejo de cultivo. Además, como se ve en el presente estudio, se puede aprovechar las características de las especies frutícolas poco conocidas para mejorar la calidad postcosecha de especies frutícolas de alto valor económico.

Por ello, el presente trabajo amalgama el estudio de especies frutícolas con potencial para mejorar la calidad postcosecha de frutos de alto valor de mercado, con potencial y conocimiento local, mediante el desarrollo de recubrimientos comestibles a base de polisacáridos solubles en agua.

III. HIPÓTESIS

Al menos una formulación de recubrimiento comestible a base de pectina de tejocote adicionada con aceite de *Vitis* y extractos de vitaceae mantendrá la calidad poscosecha de tihuixocote, capulín y ciruela mexicana.

IV. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la efectividad de recubrimientos comestibles para aumentar la vida poscosecha de frutos silvestres con potencial de comercialización.

4.1 Objetivos específicos

- Analizar la composición de ácidos grasos en *Cissus* para su uso en un recubrimiento.
- Determinar el comportamiento poscosecha de frutos silvestres con potencial de comercialización bajo diferentes temperaturas de almacenamiento y su relación con la aplicación de recubrimientos comestibles.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 Empaques alimentarios

Los sistemas de envasado de alimentos han evolucionado como respuesta a cambios de tendencias en los mercados y de estrategias para mejorar la calidad del empaque. Dichos sistemas pretenden la preservación de la calidad del producto envasado, mejor conocido como tecnologías de envasado activo, cuya función es la retención y liberación de gases como el oxígeno y etileno, entre otros; por lo que, estos materiales se han dividido en tres generaciones (Ahmed *et al.*, 2017):

Se denomina primera generación a los materiales elaborados a partir de polietileno de baja densidad (PEBD), de 5 a 15% de fibras de almidón con aditivos pro oxidativos y auto oxidativos de lenta fragmentación en moléculas no biodegradables. Posteriormente, aparecieron los materiales a partir de la mezcla de almidón 40-75% y PEBD más la adición de copolímeros hidrofílicos tales como polivinil alcohol y acetato de vinilo, cuya función es actuar como agente de compatibilidad, a los cuales se les denominó materiales de segunda generación.

Para las primeras dos generaciones, la degradación iniciaba en alrededor de 40 días y terminaba entre 2 y 3 años aproximadamente (Robertson, 2008). Así, los polímeros, por su origen principalmente de fuentes no renovables, están asociados con problemas de contaminación. Así, surge la denominada tercera generación o también llamados empaques biodegradables, donde el término está definido por la American Society for Testing and Materials (ASTM) como aquel material capaz de descomponerse en bióxido de carbono, metano, agua, compuestos inorgánicos o biomasa, siendo el mecanismo dominante de descomposición la acción enzimática de los microorganismos y que los productos resultantes puedan ser obtenidos y medidos

en un periodo determinado de tiempo (ASTM, 2015). Por esto, se ha considerado que los polímeros naturales constituyen una alternativa real para disminuir el uso de materiales no degradables y no renovables en la industria del empackado (Piñeros *et al.*, 2016).

Los polímeros naturales se clasifican en tres categorías, según su composición como: a) polímeros extraídos de biomasa, b) polímeros producidos por síntesis química de monómeros de biomasa y c) polímeros naturales o de organismos genéticamente modificados, siendo esta última clasificación donde se ubican los recubrimientos comestibles (Robertson, 2008). Se considera a los polisacáridos como fuente prometedora debido a su bajo precio, abundancia y comportamiento termoplástico (Piñeros *et al.*, 2016).

5.1.1 Recubrimientos comestibles

Un recubrimiento comestible se define como un material de envasado, y básicamente es una capa delgada de material comestible que se coloca sobre o entre componentes de los alimentos (McHugh y Senesi, 2000). Se usa principalmente para extender la vida de anaquel y la calidad de los alimentos, ya que reduce la respiración y deshidratación, con ello evita los cambios de sabor, olor, apariencia y de características de textura, además de mejorar la eficiencia económica de los materiales de empaque de los productos (Zamudio-Flores *et al.*, 2007). El quitosano, el almidón, la celulosa, el alginato, la carragenina, la gelatina, la zeína, el gluten, el suero de leche, la carnauba, la cera de abejas, la pectina y los ácidos grasos son los compuestos más comúnmente utilizados para formar recubrimientos comestibles (Baldwin *et al.*, 2011; de Aquino *et al.*, 2015; Shit y Shah, 2014). Así, el origen del

recubrimiento determina la funcionalidad del mismo, por lo que el uso de polisacáridos en la formulación da como resultado recubrimientos con baja permeabilidad al oxígeno, por lo cual pueden proveer protección efectiva contra la oxidación de lípidos y otros componentes alimenticios (Flores *et al.*, 2007). Por otra parte, también se ha informado que la modificación de la composición de los recubrimientos con base en polisacáridos y proteínas, con la incorporación de quitosano (Xu *et al.*, 2005), gomas (Chaisawang y Suphantharika, 2005), metilcelulosa (Peressini *et al.*, 2003) o lípidos (García *et al.*, 2000) afectan las propiedades de permeabilidad, mecánicas y de solubilidad de dichos recubrimientos. Sothornvit y Pitak (2007) encontraron que en formulaciones de almidón y pectina se obtiene alta elasticidad cuando se le adiciona un plastificante.

Los recubrimientos comestibles a base de biopolímeros están ganando gran interés en la comunidad científica debido a su naturaleza biodegradable y por su uso potencial en la industria alimentaria (Cagri *et al.*, 2004). Sin embargo, tienen menor propiedad de barrera al vapor de agua y resistencia mecánica en comparación con las películas producidas a partir de polímeros sintéticos. Se ha reportado varios tipos de películas como son las compuestas por almidón, pectina y quitosano que son los principales polímeros empleados con este fin y cubiertas compuestas que contienen una base de polisacárido (García *et al.*, 2000; García *et al.*, 2004; Mali *et al.*, 2005).

5.1.2 Propiedades de los recubrimientos comestibles

La permeabilidad de los recubrimientos va relacionada con la resistencia que tiene ante los gases y vapor de agua. Así, los recubrimientos comestibles que controlan la velocidad de transporte de los componentes moleculares del producto, desde el interior hacia el exterior del embalaje, pueden frenar las reacciones adversas responsables de los cambios indeseables en los productos alimenticios.

Algunas de estas reacciones están involucradas por la oxidación y respiración de los mismos productos alimenticios (Shit y Shah, 2014). Los recubrimientos comestibles pueden usarse para soportar aditivos tales como agentes antimicrobianos; proporcionando así, un efecto funcional altamente localizado (Flores *et al.*, 2007; Giannakopoulos y Guilbert, 1986) o producir la liberación gradual del antimicrobiano al alimento (Chang, 2000).

En general, se desea que estas coberturas sean totalmente neutras con respecto al color y olor del alimento. También pueden usarse como portadoras de agentes antioxidantes o nutrimentos tales como vitaminas y minerales (Flores *et al.*, 2007). Por otro lado, los recubrimientos elaboradas con materiales biodegradables como almidones, ceras, entre otras, ofrecen transparencia, flexibilidad y dureza, adicionalmente, con el empleo de plastificantes comerciales se logra aumentar y mejora las propiedades mecánicas y de barrera (Villada *et al.*, 2007).

5. 1. 3 Componentes

Los recubrimientos comestibles se clasifican en tres categorías, teniendo en cuenta la naturaleza de sus componentes: hidrocoloides (proteínas, polisacáridos o alginatos), lípidos (ácidos grasos, ceras o acilgliceroles) y compuestas (combinación de sustancias a partir de las dos categorías) (Mariniello *et al.*, 2003).

Asimismo, existen varios tipos de plastificantes en la preparación de películas comestibles; la mayoría son polioles, especialmente glicerol (Flores *et al.*, 2007) y sorbitol (Martelli *et al.*, 2006) o mezclas de glicerol, sorbitol y xilitol (Mali *et al.*, 2005). Los glicoles de polietileno, dietanolamina y trietanolamina tienen carácter hidrofóbico, que pueden contribuir al aumento de la permeabilidad al agua y de la matriz de susceptibilidad a la humedad (Irissin-Mangata *et al.*, 2001).

Los hidrocoloides (polisacáridos y proteínas) forman la matriz estructural de los recubrimientos compuestos, por tanto, son los componentes principales de la barrera al CO₂ y O₂ y de las propiedades mecánicas de las cubiertas comestibles.

Donde las propiedades dependen del grado de interacción de sus moléculas. Así, un alto grado de interacción de las moléculas de hidrocoloide reduce la movilidad de las mismas y el volumen libre para la difusión de materia, lo que confiere rigidez a la película resultante y reduce su permeabilidad. La forma y peso molecular del hidrocoloide, la presencia de grupos polares en su molécula, agentes de entrecruzamiento, la temperatura, los plastificantes, que afectan el grado de interacción de las moléculas de hidrocoloide y, por tanto, las propiedades de la cobertura (Yoon, 2013). Por otro lado, la presencia de grupos polares permite la asociación de cadenas mediante puentes de hidrógeno, pero aumenta la afinidad por el agua, lo que hace a los hidrocoloides malas barreras al vapor de agua.

Además, la incorporación de compuestos como el α -tocoferol, aceites, entre otros, ayudan a formar puentes de unión entre las moléculas del polímero, reduciendo así la movilidad de las mismas e incrementando la cohesión del polímero. Estos compuestos o agentes de entrecruzamiento se añaden a las formulaciones para

reducir la permeabilidad y solubilidad de las películas e incrementar su resistencia mecánica (Orliac *et al.*, 2002).

Sothornvit y Krochta (2005) mencionan que al reducir el peso molecular del hidrocoloide disminuye la interacción entre sus moléculas y el polímero pierde densidad aumentando el volumen libre, lo que se traduce en aumento de la flexibilidad de la película resultante. Por otro lado, Ayranci *et al.* (1997) observaron aumento en la barrera al vapor de agua de películas de hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) y metilcelulosa (MC) al aumentar el peso molecular de los mismos. Mientras que Park *et al.* (1994) observaron reducción en la barrera al vapor de agua y al O₂ al aumentar el peso molecular de MC e hidroxipropilcelulosa (HPC). Aunado a esto, es necesario mantener el contenido lo más inerte posible, es decir, la mínima interacción entre alimentos y el empaque, independientemente de que las sustancias se encuentren en el empaque como un sistema alternativo o directamente incorporado (Restuccia *et al.*, 2010).

Valencia-Chamorro *et al.* (2011) reportaron recubrimientos comestibles de proteínas y polisacáridos, otros que incluyen ceras, acilglicerolos y ácidos grasos y finalmente los que se componen de hidrocoloides y lípidos.

5.1.3.1 Proteínas

Los materiales formadores de recubrimientos comestibles a base de proteínas se derivan de fuentes animales como el colágeno, la gelatina, proteínas miofibrilares de pescado, queratina, albumina, caseína, lactosa, etc. Entre los materiales derivados de fuentes vegetales se pueden citar gluten de trigo (*Triticum aestivum* L.), proteínas

de soya (*Glycine max* (L.) Merr.), cacahuate (*Arachis hypogaea* L.) y de semillas de algodón (*Gossypium hirsutum* L.), etc. (Krochta, 2002). Las características más distintivas de las proteínas comparadas con otros materiales formadores de recubrimientos es que pueden proporcionar valor nutricional agregado al producto, son buenas formadoras de películas y se adhieren a superficies hidrofílicas. Sin embargo, son susceptibles a cambio de pH ya que puede ocurrir desnaturalización conformacional por la presencia de cargas electrostáticas (Han, 2014). Las estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria de las proteínas pueden ser modificadas por distintos tratamientos físicos y agentes químicos (calor, tratamiento mecánico, presión, irradiación, presencia o adición de lípidos, ácidos y álcalis, iones metálicos, etc.) y este hecho es aprovechado o para optimizar la configuración e interacciones de las proteínas y como resultado se observan las propiedades del recubrimiento obtenido (Valencia-Chamorro *et al.*, 2011).

Por otra parte, para seleccionar un recubrimiento a base de proteínas para su aplicación en alimentos, debe considerar la posibilidad de que un segmento de la población sea alérgica a ciertas proteínas, esto es particularmente importante en el caso de proteínas de trigo (Pavlath y Orts, 2009). Por otro lado, la relación carbohidrato: proteína influye en la microestructura de la película; así, se encontró que, al aumentar el contenido de proteína obtenida de suero de queso, la microestructura de la película se vuelve más homogénea (Basiak *et al.*, 2016). Las proteínas por su carácter iónico y linealidad molecular presentan mayor interacción molecular que los polisacáridos, lo que, en general, les confiere mayor barrera al oxígeno (Krochta, 2002).

5.1.3.2 Lípidos y resinas

Los lípidos y resinas también son empleados como materiales formadores de recubrimientos comestibles. Los recubrimientos a base de estos componentes se elaboran con ceras y aceites tales como cera o aceite de parafina; ceras de abejas (*Apis mellifera* L.), carnauba (*Copernicia prunifera* Mill.) y candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.); aceites minerales y vegetales; monoglicéridos acetilados; ácidos esteárico, láurico y palmítico; ésteres de ácidos grasos-sacarosa, entre otros.

Estos recubrimientos se usan principalmente como barrera para el vapor de agua y como cubierta en dulces y frutas, a las cuales al aplicar esta película les da brillo. Sus propiedades de barrera de estas películas son altamente dependientes del arreglo cristalino que presenten los lípidos (Donhowe y Fennema, 1994). Por otra parte, los lípidos pueden ocasionar problemas en la aplicación a consecuencia de su estructura heterogénea y su pobre adherencia al alimento. Además, debido a su fragilidad y susceptibilidad a sufrir oxidación, pueden alterar las propiedades organolépticas del producto, resultando en recubrimientos opacos y de sabor ceroso (Gontard *et al.*, 1995).

5.1.3.3 Polisacáridos

Existen recubrimientos plásticos comestibles elaborados con polisacáridos como las pectinas, carrageinas, gomas, alginatos, quitosano, almidón y algunas mezclas. Los recubrimientos de polisacáridos tienen buenas propiedades de barrera a los gases y pueden adherirse a superficies de frutas y vegetales, pero no son buena barrera para la humedad en comparación con la cera y aceite, bajo condiciones

similares (Lin y Zhao, 2007). Los polisacáridos poseen secuencia simple, pero pueden adoptar conformaciones complicadas e impredecibles. Además, si bien la mayoría de los carbohidratos son neutros, la presencia en sus estructuras de un número relativamente grande de grupos hidroxilo y otros componentes hidrofílicos indica que el enlace de hidrógeno puede jugar un rol importante en la formación y características del recubrimiento. Por otra parte, algunas gomas, poseen cargas negativas y muestran propiedades diferentes dependiendo del pH del medio (Han, 2014).

En frutas secas los recubrimientos de pectina de bajo metoxilo son utilizadas con el objetivo de favorecer la apariencia del fruto y evitar la transferencia de humedad (Baldwin *et al.*, 1995).

- **Pectinas**

La pectina es una sustancia natural que se forma principalmente en la pared primaria y en los tejidos mesenquimáticos y parenquimáticos de frutos y vegetales. Es un heteropolisacárido aniónico complejo, formado por la unión de enlaces α -1,4 de ácido galacturónico. Donde los grupos carboxilo del ácido urónico se encuentran metil esterificados ya sea completamente (HMP, pectina de alto metoxilo, DE > 50%) o parcialmente (LMP, pectina de bajo metoxilo, DE < 50%), característica que influye en la capacidad para formar geles, de tal modo que, la pectina LPM forma geles con cationes divalentes (Marudova *et al.*, 2004).

Este polímero puede ser obtenido a partir de desechos de materiales cítricos, como limón (*Citrus limon* L.), toronja (*Citrus paradisi* Macfad.), lima (*Citrus aurantiifolia* (Christm.) Swingle), aunque también se ha extraído con éxito de la cáscara de

manzana (*Malus domestica* Borrkh.), obtenida del proceso de extracción de jugos, de manera que la pectina se convierte en un desecho de esta industria (Braddock, 1995).

La pectina tiene la propiedad de absorber una gran cantidad de agua, es por ello que forma coloides. Para la gelificación de la pectina existen tres principales factores; pH, Ca^{2+} y contenido de SST presentes en la mezcla. La pectina es capaz de formar películas comestibles fácilmente y con gran potencial de ser aplicada en la industria alimentaria (Galus *et al.*, 2013). Las pectinas se utilizan principalmente como agentes de gelificación, pero pueden también actuar como espesantes y estabilizadores. El principal uso dado a la pectina es en la industria de los alimentos, particularmente para la elaboración de jaleas, mermeladas, jaleas instantáneas para pastelería, bebidas, cerezas artificiales, estabilizador de algunos productos lácteos y postres congelados (Puigvert y Garza, 2003).

Recubrimientos a base de pectina de manzana fueron frágiles al emplear 30% de glicerol como plastificante, incrementando su flexibilidad al aumentar hasta 70% el contenido de glicerol (Galus *et al.*, 2013). También se observó que recubrimientos a base de pectina con aceites de hoja de canela (*Cinnamomum verum* J.Presl) detuvieron el crecimiento microbiano y aumentaron las propiedades antioxidantes de cortes frescos de durazno y uva (*Vitis vinifera* L.) (Ayala-Zavala *et al.*, 2013; Melgarejo-Flores *et al.*, 2013).

5.1.3.4. Mezclas

Se han propuesto recubrimientos mezclando diversos compuestos para mejorar las propiedades de intercambio gaseoso, adherencia y permeabilidad al vapor de agua. El procedimiento seguido para efectuar la mezcla de los distintos componentes

determinará la formación de recubrimientos monocapa o bicapa (Karbowiak *et al.*, 2007). En los recubrimientos monocapa se efectúa la dispersión o emulsión del lípido en la solución hidrofílica de polisacárido o proteína y posteriormente dicha emulsión se aplica y/o se somete a secado. Por otra parte, los recubrimientos bicapa se obtienen en dos etapas: en la primera se forma la base de polisacárido o proteína y en la segunda, se aplica el componente lipídico sobre la base previamente formada (Shellhammer y Krochta, 1997). Cuando se preparan recubrimientos mediante la técnica de emulsión, durante la etapa de secado es posible que se produzca un proceso de emulsión de los glóbulos lipídicos hacia la superficie debido a su baja densidad y a la baja capacidad emulsionante del polímero que actúa como matriz soporte (Kamper y Fennema, 1984). No obstante, aunque se produce cierta separación de fases, normalmente no logra formarse una verdadera bicapa, quedando partículas de lípido distribuidas en la matriz soporte (McHugh, 1996). Aunque los recubrimientos y películas monocapa o emulsionados son menos eficientes frente a la transferencia de humedad que los recubrimientos bicapa, los primeros poseen buena resistencia mecánica y cuentan con la ventaja adicional de requerir una única etapa para su formación y aplicación a diferencia de los recubrimientos y películas bicapa que requieren una etapa por cada capa (Karbowiak *et al.*, 2007). Estos factores han determinado que los recubrimientos emulsionados tengan mucha aplicación en la industria de alimentos.

5.1.3.5. Glicerol

El glicerol o glicerina es un compuesto químico sin olor ni color y ampliamente usado en la industria farmacéutica y alimenticia. El glicerol posee tres grupos hidroxilo que son responsables de su solubilidad en agua y su naturaleza higroscópica. Es uno

de los plastificantes más populares usados en la preparación de películas comestibles y recubrimientos debido a su estabilidad y compatibilidad con las cadenas de biopolímeros (Chillo *et al.*, 2008). Las principales ventajas de este plastificante son punto de ebullición alto, falta de olor, solubilidad en agua y miscibilidad con esos componentes (Jangchud y Chinnan, 1999). Esto corresponde a lo mencionado por Yang y Paulson, (2000) de que el tamaño molecular, la configuración y el número total de grupos hidroxilo funcionales del plastificante, como también su compatibilidad con el polímero, afectan el tipo y cantidad de interacciones entre el plastificante y las cadenas poliméricas; es decir la efectividad de un plastificante depende de tres características importantes; tamaño, forma y compatibilidad con la matriz polimérica (Sothornvit y Krochta, 2001).

5.1.3.6. Extractos vegetales

En especies vegetales existen agentes antimicrobianos que en la actualidad están siendo explotados por la industria alimentaria, sobre todo para innovaciones en el envasado de alimentos, también centrándose en la incorporación de estos aditivos activos en matrices poliméricas con el fin de prolongar la vida útil de los alimentos (Santos *et al.*, 2017). Debido a esto, se podrían usar varios compuestos naturales para mejorar la actividad antimicrobiana de recubrimientos comestibles. Los aceites esenciales y los compuestos bioactivos son una opción atractiva de conservantes naturales. Sin embargo, la información disponible sobre su actividad biológica en recubrimientos comestibles aún es escasa. Alvarez *et al.* (2013) mencionan que extractos de árbol de té (*Melaleuca alternifolia* Maiden & Betche ex Cheel), romero (*Rosmarinus officinalis* L.), polen y propóleos demostraron inhibición significativa sobre

Escherichia coli Migula, mientras extractos de granada (*Punica granatum* L.) y el resveratrol presentaron reducción de la actividad de *Listeria monocytogenes* Pirie. Santos *et al.* (2017) mencionan como fuentes alternativas de antimicrobianos, los extractos y aceites esenciales derivados de plantas como canela, romero, hinojo dulce (*Foeniculum vulgare* Mill.) y orégano (*Origanum vulgare* L.), los cuales se han incorporado con éxito en matrices poliméricas.

5.2 Empleo de películas comestibles en frutas

El uso de recubrimientos o películas comestibles en aplicaciones de alimentos, y en especial en productos altamente perecederos, como los hortícolas, está condicionado por el resultado de diversas características tales como el costo, la disponibilidad, los atributos funcionales, propiedades mecánicas (flexibilidad, tensión), propiedades visuales (brillo y opacidad), el efecto de barrera contra el flujo de los gases, la resistencia estructural para el agua y los microorganismos y la aceptabilidad sensorial. Estas características se ven influenciadas por los parámetros tales como el tipo de material aplicado así como la matriz estructural (composición, la distribución del peso molecular) y las condiciones bajo las cuales se forman previamente las películas (Rojas-Grau *et al.*, 2009).

En la bibliografía se pueden encontrar numerosos estudios de ejemplos de aplicación de recubrimientos comestibles a frutas y hortalizas tales como aguacate (*Persea americana* Mill.), espárrago (*Asparagus officinalis* L.), fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.), mango (*Mangifera indica* L. cv. ataulfo), manzana, pera (*Pyrus communis* L.), zanahoria (*Daucus carota* L.), entre otros, en la mayoría de los casos

se consigue reducción importante en la pérdida de peso de las muestras recubiertas, y en general, mayor vida útil (Lima *et al.*, 2010, Almal *et al.*, 2010, Huang *et al.*, 2011). La aplicación de películas a base de almidón de maíz (*Zea mays* L.), gelatina y sorbitol mejoraron las características sensoriales de frutos de uva después de 21 días en refrigeración (Matta *et al.*, 2015). Por otro lado, Oms-Oliu (2008) menciona que el uso de pectinas en recubrimientos comestibles aplicados a melón (*Cucumis melon* L.), mango y aguacate mantiene la calidad cuando se le adiciona calcio y aceite de girasol (*Helianthus annuus* L.) además de mantenerlos a 4°C, o bien si se mezcla con sorbitol. Encontró que se disminuye la respiración y los cambios fisiológicos. Mientras que autores como Valdés *et al.* (2015) mencionan que el uso cubiertas de pectina en nectarina (*Prunus persica* L. cv. Babygold), sandía (*Curcumis lanatus* Thunb) y papaya (*Carica papaya* L. cv Maradol) mantiene la textura, color y la calidad en almacenamiento a 3 °C y 4 °C, adicionando además actividad antimicrobiana. Otro fruto tropical que ha sido recubierto es el plátano (*Musa paradisiaca* L.)?, en el cual, dicha técnica postcosecha redujo el pardeamiento y mantuvo la firmeza (Rojas-Graü *et al.*, 2007).

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Monitoreo de la fructificación de *Cissus* spp.

Se monitoreó la calidad hortícola de frutos de *C. verticillata* (L.) Nicholson and C.E. Jarvis) y *C. cinerea* (Kunth) durante todo el periodo de colecta 2016 y 2017, los cuales comprendieron los meses de agosto a noviembre. En cada fecha de colecta, se

tomaron 30 frutos de 5 plantas de ambas especies, las cuales crecen en Zumpahuacán, Estado de México, a 1934 m de altitud, con un promedio anual de temperatura media de 18.2 °C, 1055 mm de precipitación y 1706 mm de evaporación (Sistema Meteorológico Nacional, 2015). La primera cosecha correspondió a 49 días después del primer amarre de fruto (DAFFS). Las plantas se cultivan y se manejan como se describió anteriormente (Franco-Mora *et al.*, 2016) en un sistema combinado con una colección de vides nativas mexicanas. Posterior a su plantación, las plantas de *Cissus* comenzaron la producción de fruta en 2011 y 2012. Conjuntamente cada año, las plantas se podan y se fertilizan cuatro veces, mientras que la aplicación de insecticidas y fungicidas se realizan cuando es necesario. De manera original, las plantas de *C. tiliaceae* se colectaron en Ocuilán, México y las plantas de *C. verticillata* en el Estado de Durango, para ambos casos, actualmente se manejan plantas clonadas.

A los frutos cosechados se les determinó peso, ancho, alto, índice ancho/alto (forma del fruto), color de la cáscara (con fotocolorímetro), contenido de TSS en la pulpa y acidez del jugo (Morales *et al.*, 2014; Franco-Mora *et al.*, 2016). Alia-Tejacal *et al.* (2012) indicaron que la forma del fruto podría ser obloide cuando el índice de ancho/alto es menor a 1.0; circular cuando el índice es 1.0 y elíptico cuando el índice es mayor que 1.0.

Estos resultados se analizaron como un diseño experimental completamente al azar con tres factores fijos: años, especies y días de cosecha.

6.2. Empleo de recubiertas comestibles

6.2.1 Obtención de pectina

Para preparar los recubrimientos comestibles a base de pectina (RCBP), primero se obtuvieron los componentes de dichos recubrimientos. La pectina se extrajo de frutos de tejocote creciendo de manera silvestre en una región cercana al Nevado de Toluca. Para la extracción se empleó el método de hidrólisis ácida llevando a pH 3 (Martínez, 2011). El procedimiento consistió en colocar los frutos en una cocción en medio ácido, seguido de filtración y la adición de etanol a 96% para insolubilizar la pectina, que posteriormente fue separada del medio líquido, para su uso sin secar.

6.2.2. Extracción de aceite de vegetal y determinación de ácidos grasos

La extracción del aceite de semilla de vitáceas empleado en este trabajo se realizó despulpando frutos provenientes del banco de germoplasma en Zumpahuacán, Estado de México. En el laboratorio, las semillas se lavaron a flujo de agua corriente; después se dejaron secar a temperatura ambiente sobre papel kraft. Posteriormente, el aceite de las semillas se extrajo con hexano, mediante la metodología propuesta por Franco-Mora *et al.* (2015).

La composición de ácidos grasos presentes en dicho aceite se realizó por cromatografía de gases (AOCS, 2009). Empleándose un cromatógrafo de gases acoplado a espectrofotómetro de masas JEOL GCMate, con modo energía de impacto (EI⁺) equipado con una columna cromatográfica de acero inoxidable de 3.0m por 1/8 inch de diámetro interno, empacado con succinatodietil en glicol 20% sobre Chromsorb W-AW-DEGS. El gas acarreador fue nitrógeno a flujo de 33 ml/min; la temperatura empleada fue 140°C durante 5 min y se aumentó gradualmente hasta 200°C. Se

inyectaron 0.2 µl de la muestra esterificada y el tiempo de análisis fue de 45 min. Los estándares empleados fueron ésteres metílicos. El software del sistema de cromatografía fue PeakSimple (V426-32bit).

6.2.3. Obtención de extractos vegetales

Para los extractos vegetales el día de la elaboración de los RCBP, se molieron en una licuadora (Oster, 6858013000), de manera separada, 20 g de hojas de edad media de vid silvestre y de *Cissus tiliacea* en un litro de agua corriente; para su posterior adición en la mezcla del polímero (Apolonio-Rodríguez *et al.*, 2017).

6.2.4 Elaboración de recubrimientos

Se elaboraron dos recubrimientos comestibles usando como base la mezcla de pectina extraída de los frutos de tejocote colectados. La composición fue de 64.8% de agua corriente, 12% de extracto de hojas de vid silvestre u hojas de *Cissus tiliacea*, 9.6% de pectina de tejocote base húmeda, la cual presenta 10% de contenido de metoxilos y grado de esterificación de 60 (Martínez, 2011); 1.3% de cloruro de calcio, 0.3% de glicerol como plastificante y 12% de aceite de semilla de *Vitis* (Franco-Mora *et al.*, 2015). Los componentes del recubrimiento comestible a base de pectina (RCBP) se combinaron perfectamente hasta formar una mezcla homogénea; la cual se preservó en refrigeración hasta su uso.

6.2.5. Aplicación en frutas

La aplicación a los frutos, tanto de recubrimientos comestible a base de pectina y *Vitis* (RCBPV) o recubrimientos comestibles a base de pectina y *Cissus* (RCBPC) se realizó por inmersión del fruto durante 30 s. Se emplearon 200 frutos para cada RCBP,

además de usar 200 frutos sin recubrir (SR) como tratamiento control (Tabla1). Con el fin de acelerar el proceso de secado de las RCBP, los frutos de los tres tratamientos se colocaron en charolas de plástico y durante cinco minutos se aplicó aire ($0.478 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) con un ventilador (Lasko, S16201). Posteriormente, los frutos de cada formulación de RCBP se dividieron en dos subgrupos, los cuales se colocaron a diferente temperatura de almacenamiento. Una condición de almacenamiento fue de manera permanente mantener los frutos a $25 \text{ }^\circ\text{C}$; mientras que el otro grupo se almacenó durante 6 días a $5 \text{ }^\circ\text{C}$ y al cumplir ese tiempo se expuso a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ($5 + 25 \text{ }^\circ\text{C}$), hasta finalizar su vida de anaquel. De esta manera, en el presente trabajo cada año se tuvieron seis tratamientos, los cuales correspondieron a tres niveles de RCBP y dos niveles de temperatura de almacenamiento. Así, los tratamientos fueron: SR $25 \text{ }^\circ\text{C}$, RCBPV $25 \text{ }^\circ\text{C}$, RCBPC $25 \text{ }^\circ\text{C}$, SR $5 + 25 \text{ }^\circ\text{C}$, RCBPV $5 + 25 \text{ }^\circ\text{C}$ y RCBPC $5 + 25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tabla 1. Especies empleadas para la aplicación de recubrimientos comestibles a base de pectina y extractos de vitáceas.

Especie	Tratamientos	Variables
---------	--------------	-----------

Tihuixocote (<i>Ximenia americana</i> L.)	SR 25 °C, RCBPV 25 °C, RCBPC 25 °C, SR 5 + 25 °C, RCBPV 5 + 25 °C y RCBPC 5 + 25 °C.	Pérdida de peso Acidez titulable Color Sólidos solubles totales Firmeza
Ciruela mexicana (<i>Spondias purpurea</i> L.)	SR 25 °C, RCBPC 25 °C, SR 5 + 25 °C, y RCBPC 5 + 25 °C.	Pérdida de peso Acidez titulable Color Sólidos solubles totales Firmeza Respiración
Capulín (<i>Prunus serotina</i> Ehrh.)	SR, RCBPC y RCBPV a 25 °C.	Pérdida de peso Color Firmeza Inhibición microbiana

6.2.5.1 Estudio postcosecha

Diariamente se observaron los frutos de manera visual y si alguno presentaba síntomas de pudrición o magulladura se le retiraba del almacenamiento. Se determinó reportar el fin de la vida de anaquel cuando la repetición de cada tratamiento presentaba menos de 50% de frutos inicialmente almacenados. Durante el almacenamiento postcosecha, a los frutos se les evaluó:

- **Tasa de pérdida de peso**

Se pesó, cada tercer día y de manera individual, 15 frutos por tratamiento, en una balanza analítica (Chyo, JL-200). El peso inicial del fruto se consideró siempre 100% del peso, y el cálculo de la pérdida de peso se realizó de la siguiente manera:
Porcentaje del peso inicial = (Peso final * 100)/ Peso inicial.

- **Sólidos solubles totales (SST)**

La determinación del contenido de SST se realizó extrayendo una gota del jugo del fruto en forma manual, depositándola en el colector de muestra del refractómetro (Atago, Pal-1).

- **Firmeza**

Para determinar la firmeza de la cáscara y la pulpa, se empleó un texturómetro (Broofield, CT3 1000) y con el cilindro P/2 se penetró al fruto por 5 mm a 5 mm/s. A cada fruto se le perforó en la zona ecuatorial en tres puntos diferentes, tanto con cáscara, como sin ella.

- **Respiración**

En el laboratorio, se pesaron e introdujeron tres frutos de *Spondias purpurea*, para estudio de tasa de respiración, en distintos desecadores previamente identificados, los cuales fueron mantenidos durante el proceso de evaluación 50% a temperatura ambiente (25°C) y el resto bajo refrigeración a temperatura de 5°C durante 6 días, para su posterior exposición a 25°C. Durante la evaluación, los desecadores permanecieron cerrados y a la temperatura fijada, con vasos de precipitados que contenían 80 ml de solución de NaOH y el CO₂ obtenido de la respiración. Dichos vasos se cambiaron en 24 h y al contenido se le añadió una alícuota de 5 ml de solución de BaCl saturada y 5 gotas de indicador fenolftaleína (0.5% en etanol) para ser sometida a titulación con una solución de HCl estándar 2 N hasta la desaparición del color. Así, se obtuvo la concentración en ppm de BaCO₃ o alcalinidad fenolftaleínica (AF). A partir de estos valores, mediante las ecuaciones (1) a (4), se calcularon el BaCO₃ (ppm CO₃) y el CO₂ (mg CO₂) presentes en la solución.

$$\text{ppm CO}_3 = 2 \times (\text{AT}-\text{AF}) \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{mgCO}_2 = \text{ppm Car} \times V \text{ muestra} \times (44/197.34) \dots\dots\dots(2) \quad \text{donde}$$

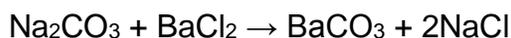
$$AT = VT \times N \text{ HCl} \times 98.67 \times 1000 / V \text{ alícuota} \dots\dots\dots(3)$$

$$AF = VF \times N \text{ HCl} \times 98.67 \times 1000 / V \text{ alícuota} \dots\dots\dots(4) \text{ y}$$

N HCl= 2N; V alícuota= 20 ml; y V muestra= 0.08l.

Los valores constantes de las ecuaciones corresponden a los pesos moleculares y factores de conversión involucrados.

Las reacciones que tienen lugar son $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$



Dividiendo los miligramos de CO_2 obtenido en (2) por el peso de los frutos y el período en horas que duró la determinación se obtiene la tasa de respiración en $\text{mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$.

A partir de los datos obtenidos de la recolección de CO_2 se generó la tasa de la actividad respiratoria postcosecha en el tiempo para cada tratamiento (Angueira *et al.*, 2003).

- **Color**

Se determinó utilizando un colorímetro CR-400 Konica Minolta, realizando tres disparos en diferentes partes del fruto y sacando un promedio para obtener el resultado.

- **Acidez titulable (ATT)**

La acidez titulable se determinó mediante el procedimiento descrito por Morales *et al.* (2014). Los datos se expresaron en equivalentes del ácido predominante en la fruta y se obtuvieron con la fórmula siguiente: Porcentaje de acidez titulable = $((V \times N \times me) / M) \times 100$. En donde: V = Volumen de solución de hidróxido de sodio 0.1 N gastado en la titulación de la muestra, en milímetros; N = Normalidad de la solución de

hidróxido de sodio; me = Miliequivalentes del ácido predominante; M= peso de la muestra, en gramos.

- **Inhibición microbiana**

Exclusivamente en frutos de capulín, se realizó el conteo de frutos que presentaban infección de algún patógeno, mismo que fue identificado mediante técnicas de microscopia y el uso de claves taxonómicas de hongos.

6.2.6 Análisis estadístico

Los experimentos se analizaron como un diseño estadístico completamente al azar. Los datos se registraron en el paquete estadístico SPSS 2010, en donde se obtuvo el ANOVA y cuando el valor de F fue significativo, se compararon las medias con la prueba de tukey a $P \leq 0.05$. Las gráficas se elaboraron en el paquete SIGMA PLOT 2012.

VII. RESULTADOS

Los resultados de este trabajo se presentan en los siguientes documentos:

7.1 Fruit characteristics of *Cissus verticillata* (L.) Nicholson and C. E. Jarvis and *C. tiliacea* Kunth during two complete harvest seasons.

Artículo publicado en la Revista: Genetic Resources and Crop Evolution (2020).
<https://doi.org/10.1007/s10722-020-00920-9>. Incluida en el Journal Citation Reports;
factor de impacto 2018, 1.296.

7.2 Evaluación de recubrimientos comestibles a base de pectina de tejocote (*Crataegus mexicana* Mot. & Sess, ex DC., Rosaceae) en la postcosecha de tihuixocote (*Ximenia americana* L., Olacaceae).

Artículo publicado en la revista: Acta Agrícola y Pecuaria (2020) 6: E0061004.
<https://doi.org/10.30973/aap/2020.6.0061004>. ISSN 2395-874X Incluida en el Índice
CONACYT de Revistas Científicas con Competencia Internacional.

7.3 Recubrimiento comestible aplicado a ciruela mexicana (*Spondias purpurea*).
Documento sin publicar, mismo que será sometido a la Revista Acta Horticulturae.

7.4 Recubrimiento comestible aplicado a *Prunus serotina*.
Documento sin publicar.

7.5 Contenido y composición del aceite de *Cissus*
Datos no publicados.

7.1. Fruit characteristics of *Cissus verticillata* (L.) Nicholson and C. E. Jarvis and *C. tiliacea* Kunth during two complete harvest seasons

ABSTRACT

In Zumpahuacán, Mexico, fruits of *Cissus tiliacea* and *C. verticillata* were harvested during the complete 2016 and 2017 seasons; first harvest date was at 49 days after first fruit set (DAFFS) and then, harvest was performed at 64, 79, 94 and 109 DAFFS. A three-fixed factor analysis of variance indicated differences for *Cissus* species (C), years of cropping (Y), harvest day (H), C × Y, C × H, Y × H and C × Y × H in the evaluation of fruit weight, height, factors of peel color (luminosity, a, b, chroma and Hue), acidity and content of total soluble solids (TSS). Fruit width presented differences only for fixed factor C, whereas relationship fruit width/height (fruit shape) was not different for any factor of the analysis of variance. Although the accumulated temperature in the period of fruit growth was similar in both seasons, in 2017 a variation of 23°C between the higher and lower accumulation of temperatures was observed; but only a variation of 12°C for 2016. In relation to 2016, in 2017 TSS content was clearly higher in *C. verticillata*, but only in some dates in *C. tiliacea*. Moreover, within 2017, higher environmental temperature was related to lower luminosity and values of color factor a in *C. verticillata*, but not in *C. tiliacea*. The plants of *C. tiliacea* seems to be genetically more stable than those of *C. verticillata*. Principal component (PC) 1 and PC2 explain 60% and 50% of variance in *C. verticillata* and *C. tiliacea*, respectively.

Keywords: genetic diversity; mexican native fruit; neglected fruit; vitaceae.

RESUMEN

En Zumpahuacán, México, se cosecharon frutos de *Cissus tiliacea* y *C. verticillata* durante las temporadas completas de 2016 y 2017; la primera fecha de cosecha fue a los 49 días después de la fecha de primer amarre de fruto (DAFFS) y luego, la cosecha se realizó a 64, 79, 94 y 109 DAFFS. Un análisis factorial de tres factores fijos indicó diferencias para los factores especies de *Cissus* (C), años de cultivo (Y), día de cosecha (H), y las combinaciones C x Y, C x H, Y x H y C x Y x H en la evaluación del peso del fruto, la altura, los factores del color de la cáscara (luminosidad, a, b, croma y tonalidad), la acidez y el contenido de sólidos solubles totales (SST). El ancho del fruto presentó diferencias solo para el factor fijo C, mientras que la relación ancho/alto del fruto (forma del fruto) no fue diferente para ningún factor del análisis de varianza. Si bien la temperatura acumulada en el período de crecimiento de la fruta fue similar en ambas temporadas, en 2017 se observó variación de 23°C entre la mayor y menor acumulación de temperaturas; pero solo una variación de 12°C para 2016. En relación con 2016, en 2017 el contenido de TSS fue claramente más alto en *C. verticillata*, pero solo en algunas fechas en *C. tiliacea*. Además, en 2017, la mayor temperatura ambiental se relacionó con menor luminosidad y valores del factor de color a en *C. verticillata*, pero no en *C. tiliacea*. Las plantas de *C. tiliacea* parecen ser genéticamente más estables que las de *C. verticillata*. El componente principal (PC) 1 y PC2 explican el 60% y el 50% de la varianza en *C. verticillata* y *C. tiliacea*, respectivamente.

Palabras clave: diversidad genética; fruta nativa mexicana; frutal de importancia negada, vitaceae.

7.1.1 Introduction

The genus *Cissus* (L) presents the larger amount of species, ca. 350, within the Vitaceae family (Lombardi, 1997). It has been pointed out that in the Americas, there are sites of distributions for *Cissus* plants from Mexico to South America; in this continent there are 77 *Cissus* species registered (Rodrigues *et al.*, 2014). Particularly, there are eight endemic species of Mexico and Central America, five species Caribbean- endemic's, and the larger amount of endemic *Cissus* species, 48, is located in South America (Lombardi, 2000).

In Mexico, there are evidences of presence of genus *Cissus* since the origin of agriculture; residues of *Cissus* plants were discovered in Tehuacán, Puebla and Presa de Mal Paso, Chiapas, both centers of agriculture development (Ramirez and Cevallos-Ferriz, 2000; Perales and Aguirre, 2008). *C. verticillata* was very firstly register in Mexico by Nicolás Monardes in 1571, and named *Carolo Sancto* (Drobnik and Oliveira, 2015). Nowadays, several *Cissus* species are known to have potential pharmacological applications (Franco-Mora *et al.*, 2016) and as a source of food for mammals living in tropical forest, such as *Pecari tajacu* and *Tayassu pecari* (Perez-Cortez and Reyna-Hurtado, 2008).

C. verticillata appeared in the Miocene (Liu *et al.*, 2016), and nowadays is present in a wide range of altitudinal and geographical distribution, including almost all the American countries excepting Canada and Chile. This species' adaptation, possible, allows the presence of different ecotypes within a species, varying in leaf shape, pubescence degree and flower color (Lombardi, 2007). Fruits are ovoid or globose, fleshly, of about 1 cm height with purple to dark peel; straight pedicels at fruit maturity; one or two seeds (Hanan *et al.*, 2009). The pharmacological properties of *C. verticillata* has been largely studied in Brazil; country where this specie is used to

control respiratory infections, stomachache, indigestions, diabetes, inflammation, rheumatism, influenza, gonorrhoea and others pains and diseases (Garcia *et al.*, 1999; Ferreira *et al.*, 2008).

A fruit characterization of *C. tiliacea* in Central Mexico indicated that fruit weight is between 0.46 and 0.62 g, height between 6.7 and 9.4 mm and width between 7.2 to 9.7 mm. The content of total soluble solids (TSS) between 13.6 and 15.5°Bx, juice pH between 5.3 and 5.9 and juice acidity between 1.6 and 2.7%. Seed oil content was over 37% (w/w) with more than 50% of poly-unsaturated fatty acids (Franco-Mora *et al.*, 2016). On the other hand, in Brazil, *C. tiliacea* is used against stomachache, indigestion, diabetes, pain, inflammation, rheumatism, epilepsy and hypertension (Ferreira *et al.*, 2008).

7.1.2. Objective

First objective of this work was to review the presence of genus *Cissus* in Mexico; and particularly, the distribution and nomenclature of *C. verticillata* and *C. tiliacea*. As a second objective, it was planned to characterize, during two complete harvest seasons, the fruit quality of *C. verticillata* and *C. tiliacea*.

7.1.3 Materials and methods

7.1.3.1 Presence and nomenclature

A review of scientific literature regarding *C. tiliacea* and *C. verticillata* in Mexico was done. With the plant exemplars of *Cissus* present in the herbarium MEXU (Universidad Nacional Autónoma de México) the distribution of this species in Mexico

was determined (Franco-Mora *et al.*, 2016). With that previous information, the *Cissus* species present in Mexico were grouped into the classification of Lombardi (2007).

7.1.3.2 Fruit characterization

Plants cloned from an exemplar of *C. tiliacea*, originally collected in the municipality of Ocuilan, State of Mexico, are growing in Zumpahuacán, State of Mexico, at 1934 m of altitude, with annual average of medium temperature of 18.2°C, 1055 mm of precipitation, and 1706 mm of evaporation (Sistema Meteorológico Nacional, 2015). Plants are cropped and trained as described previously (Franco-Mora *et al.*, 2016). Moreover, plants of *C. verticillata*, cloned from an original plant collected in Durango State, are cropped in the same location. During the harvest seasons of 2016 and 2017, the fruits of 5 plants of each species were harvested every two weeks; first harvest corresponded to 49 days after first fruit set (DAFFS). In those fruit, it was determined their weight, width, height, index width/height (fruit shape), peel color (with a photocolormeter), content of TSS in the fleshy, and juice acidity (Morales *et al.*, 2014; Franco-Mora *et al.*, 2016). Alia-Tejagal *et al.* (2012) indicated that fruit shape might be obloids when width/height index is less than 1.0; circular when the index is 1.0 and elliptical when the index is higher than 1.0.

These results were analyzed as a completely randomized experimental design with three fixed factors: years, species and DAFFS, that is, the harvest day.

7.1.3.3 Determination of accumulated temperature

Based of preliminary observations from fruit set to harvest occurs around 50 days. Thus, the average temperature of every day (Pelmorex Corp., 2018) of the

previous 40 days before harvest was counted, and, then, the amount resulted was fixed as the accumulated temperature during fruit growth. Then, it was analyzed if the accumulated temperature was related to the fruit characteristics.

7.1.4 Results

7.1.4.1 *Cissus* presence in Mexico

The *Cissus* species reported in Mexico are included in 8 of the 15 Lombardi (2007) classifications. *C. erosa* group has 3 species, that is *C. erosa* (Rich) [syn. *C. matudae* (Lundell); *C. obliqua* (Sessé & Moç.); *C. microcarpa* (Vahl) and *C. obliqua* (Ruiz & Pav.); also, *C. biformifolia* group present 3 species, *C. biformifolia* (Standl.) [syn. *C. oaxacana*]; *C. gossypiifolia* (Standl.) [syn. *C. formosa* (Standl.)] and *C. cucurbitina* (Standl.). Three *Cissus* groups; that is, *C. trianae*, *C. trifoliata* and *C. verticillata* are represented in Mexico for two species each: respectively, *C. cacuminis* (Standl) and *C. trianae* (Planch.); *C. trifoliata* (L.) [syn. *Vitis acida* (Champ.)] and *C. mexicana* (DC.) [syn. *C. mayoensis* (Gentry), *Vitis mexicana* ((DC). Hemsl.)]; and *C. verticillata* ((L.) Nicholson & C. E. Harvis) [syn. *C. digitinervis*; *C. elliptica* (Champ. & Schtdl.); *C. sicyoides* (L.); *C. sinaloae* (Standl); *C. subtruncata* (Rose); *Spondylantha aphylla* (C.); *Vitis sicyoides* (Hemsl.); for a complete list of synonyms check tropicos.org] and *C. tiliacea* (Kunth.) [syn. *C. arsenii* Standl.; *C. brevicaulis* (for a complete list of synonyms check Franco-Mora *et al.* (2016))]. Three groups are represented by only one species; *C. alata* group includes *C. alata* (Jaqc.); *C. araguainensis* group includes *C. brevipes* (C. V. Morton & Standl.) and *C. serrulatifolia* (L. O. Williams) belongs to the *C. trigona* group (Lombardi, 1997; Lombardi, 2000; Rojo and Rodríguez, 2002; Barba *et al.*, 2003; Rzedowsky and Calderón, 2005; Cruz and

Oviedo, 2008; Chen and Manchester, 2011; Ramírez *et al.*, 2011; Cortez-Madrigal *et al.*, 2012; Beltran-Melgarejo *et al.*, 2014; Palacios-Wassenaar *et al.*, 2014; García 2015; Franco-Mora *et al.*, 2016; Hernández-Cruz *et al.*, 2016). Finally, outside the Lombardi's group, *C. intermedia* (A. Rich) [syn. *C. acida* (Planch.); *C. macilenta* (Planch.)] was observed in the State of Michoacán (Fernández-Pavía *et al.*, 2012).

7.1.4.2 Distribution and uses of *C. verticillata*

The principal herbarium of Mexico (MEXU) has exemplars of *C. verticillata* collected in the states of Chiapas, Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Tamaulipas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Colima, Nayarit, Sinaloa, Sonora, Durango, Zacatecas, San Luis Potosí, Querétaro, Puebla, Distrito Federal and Estado de México (Franco-Mora *et al.*, 2016). Popular names in Mexico includes “bejuco”, “bejuco de gallina”, “bejuco loco”, “bejuco loco rojo”, “bejuco de sanalotodo”, “comemano”, “hierba de buey”, “jiote”, “molonqui”, “omisal”, “parra de monte”, “rendón”, “sanalotodo”, “sanatoros”, “tab-kan”, “tab-kanil”, “tashac”, “temecate”, “temécatl”, “tepmecatl”, “tlayapaloni”, “tumbavaquero”, “brotano macho”, “xaksis chichí”, “xtab-kanil”, “yocohuiro”, gut of cow, gut of Judas, gut of buzzard and wild grape (Manzanero-Medina *et al.*, 2009).

Particularly, in Mexico, this species is used to treat some diseases; in the Mayan Peninsula it is used to treat skin complaints, buboes and retention of urine (Appel, 2003); whereas in some rural zones of Central Mexico, it is used to relieving pain and inflammation (Zamora-Martínez and Nieto, 1992). The stem of this species is sold in one of the principal popular markets of Mexico City (“Mercado de Sonora” belonging to the complex “Mercado de la Merced”) during all the year, and it is recommended for

bone, ligaments and kidney affections. People using this species for bone and ligaments use it in alcoholic tonics by topical application; whereas for kidney affections the root is allowed to stay in water and after that is taken as infusion (Manzanero-Medina *et al.*, 2009). In Mexico City, *C. verticillata* flowers appears from July to October, whereas fruiting is observed from November to January (Rojo and Rodríguez, 2002).

7.1.4.3 Distribution and uses of *C. tilacea*

It has been pointed out that this species is present in the states of Sonora, Querétaro, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Veracruz, Puebla and, also, in Mexico City (Rzedowski and Calderón, 2005; Franco-Mora *et al.*, 2016). A recent review of this species in Mexico is furthermore available (Franco-Mora *et al.*, 2016).

7.1.4.4 Accumulated temperature

In 2016, the variation between the higher and lower accumulated temperatures was 12°C, whereas in 2017 the accumulated temperature in each harvest day was less stable and the difference between the higher and lower values was 23°C (Tabla 2). However, the difference in temperature stability was not resulted in difference in the average of accumulated temperature for the forty previous days before harvest, 541.6°C and 541.0 °C.

7.1.4.5 Fruit size and shape

In relation to fruit size, for weight and height there were difference between the two *Cissus* species, the two years of harvest and the dates of harvest (that is DAFFS) and the relations of those 3 factors. However, for width and the relation width/height the difference was only related to the *Cissus* species but not to any other factors and their relations (Table 3).

Comparing both seasons, the higher fruit weight in *C. verticillata* was in 2017 at 79 DAFFS corresponding to the higher accumulation of temperature; also in 2016, one of the two higher fruit weight was present in the period of higher accumulation of temperature. Moreover, in both seasons, the lower fruit weight corresponded to the last date of harvest, which also corresponded to the lower temperature accumulation (Figure 1, Table 3).

For *C. tiliacea* the higher fruit weigh in 2016, did not correspond to the higher accumulation of temperature and in 2017 one of the two higher weight was observed with the higher accumulated temperature. In this species, the lower fruit weight was observed in the two first dates of harvest, that date did not correspond to the lower accumulated temperature (Figure 1, Table 2).

Fruit width of *C. verticillata* in 2016 fluctuated from 6.9 to 9.2 mm, while for 2017 values were from 7.1 to 11.5 mm. For the case of *C. tiliacea* in 2016, values were ranked between 6.8 to 9.4 mm; and in 2017 from 6.4 to 8.2 mm. Higher values were obtained at 94 DAFFS (Table 2). For fruit height, in 2017 values were from 7 to 7.6 mm and 7.1 to 8.9 mm for *C. verticillata* and *C. tiliacea*, respectively. For 2017, there was an increase in the values of *C. verticillata*, thus obtaining 7.3 to 9.5 mm, whereas for *C. tiliacea* a decrease in the values was observed, fruit weight was between 6.5 to 8 mm (Table 2).

Although there was non difference between the shape of both *Cissus* species, shape was mainly obloid in *C. verticillata* in 2016, except for 109 DAFFS when fruit were circular. In this species for 2017, fruits showed variation in shape from circular at 49 DAFFS to obloid from 64 to 79 DAFFS, then elliptical shape at 94 DAFFS and returning to circular at 109 DAFFS.

On the other hand, *C. tiliacea* in 2016 presented elliptical shape at 49 DAFFS; from 64 to 79 DAFFS fruits were circular, obloids at 94 DAFFS and also returned to elliptical shape at 109 DAFFS. In 2017, fruits were elliptical at 49 DAFFS and then circular.

7.1.4.6 Peel color

Only in *C. verticillata* and for 2017 it was noted that, mostly, higher luminosity values corresponded to lower accumulation of temperature; but this situation was not clearly noted in *C. tiliacea* (Table 2). Moreover, although within each *Cissus* species there was non difference between the fruit luminosity of each year (Table 3), higher luminosity in both species were in 2017; 27.3 and 43.1 units for *C. verticillata* and *C. tiliacea*, respectively. For both species, the a values indicated the blue color of the peel but as those a values were higher for *C. tiliacea* that suggest a slightly tendency to red color. Also, values of factor b, for both species, were between -0.9 and 7.6, confirming the blue color, and in 2017 but non in 2016, there were present negative values for factor b of color, suggesting more intensity of blue in the peel (Table 2).

In both species, higher values of hue (Figure 2) and chroma (Data not shown) were present in 2016 than in 2017; and only in *C. verticillata* 2016, lower values of both color characteristics were related to higher accumulation of temperature.

7.1.4.7 Fleshy TSS and acidity

For both cultivars, content of TSS was higher in 2017 than in 2016; and *C. tiliacea* present more content of TSS than *C. verticillata* (Table 2). The acidity in both *Cissus* species was ranged from 0.02 to 0.6% (Table 2).

7.1.4.8 Principal components

Principal components 1 (PC1) and 2 (PC2) explained 60% of the variance observed in *C. verticillata*; whereas those components explained 50% of variance in *C. tiliacea* (Figures 3 and 4).

For *C. verticillata*, PC1 was positively associated with 2017 factors of color a and chroma at 64 DAFFS fruit width (94 DAFFS) and the content of TSS (109 DAFFS); this PC1 was negatively associated with Hue at 94 DAFFS in 2017. PC2 was mainly influence for 2016 Hue at 49 DAFSS and content of TSS at 64 DAFFS (Figure 3). All the fruit characteristics were pointed out in the four quadrants, excepting factors of color a, b and chroma, which were included in three quadrants. For the variables color a, b and luminosity, over 50% of those observations were included in one quadrant.

In *C. tiliacea*, PC1 and PC2 explained 50% of the variance. PC1 was influenced by 2016 Hue (64 DAFFS) and fruit weight (94 DAFFS) and 2018 Hue (49 DAFFS). PC2 was positively influenced mainly by 2016 evaluations at 64 DAFFS, that is, fruit weight, chroma, factor a, b and luminosity, whereas negatively by 2017 luminosity (94 DAFFS) and factor a (79 DAFFS) (Figure 4). In this species, all the characteristics, excepting luminosity were pointed out in the four quadrants; luminosity was presented in three

quadrants. At least 50% of the observations for luminosity and the content of total soluble solids were grouped in only one quadrant.

7.1.5 Discussion

7.1.5.1 Distribution and uses

Mexican *Cissus* diversity is represented by 16 *Cissus* species, 15 of them belonging to 8 of the 15 Lombardi's groups; that is, more than 50% of that informal groups are represented in this country. In the main Herbarium of Mexico there are *Cissus* exemplars from almost all the Mexican Republic. Nowadays, this plant species is sold in popular markets and, similar to Brazil (Ferreira *et al.*, 2008), it is recommended for several pains and diseases.

7.1.5.2 Fruit size and shape

Table 3 suggest that fruit weight, peel luminosity, factors a, b, croma and hue, as well as TSS and acidity are descriptors that might distinguish fruit between this both *Cissus* species. Similar to the report of Rzedowsky and Calderon (2005), fruit size of *C. verticillata* was higher than *C. tiliacea*, in four of the five harvest days (Figure 1). In fruits of *Vitis* spp. growing in the same place of present report, differences in fruit size among years were related to environmental factors (Sabás-Chavéz *et al.*, 2016). For *C. verticillata*, in 2016, temperature was positively associated with fruit size, but not in 2017, suggesting the influence of other environmental factors. On the other hand, previously, in *C. tiliacea* it was suggested that temperature affect slightly fruit size (Franco-Mora *et al.*, 2016).

Regarding fruit shape, Rzedowski and Calderon (2005) reported that *C. tiliacea* fruits present any of the three shapes, obloid, circular and ellipsoid; same situation of present work. However, for *C. verticillata*, Rzedowski and Calderon (2005) and Hanan *et al.* (2009) reported only obloid and circular fruit shapes; present work add the ellipsoid shape for the fruits of this species.

7.1.5.3 Peel color

According to present data, fruit of *C. verticillata* have more luminosity than *C. tiliacea*. Influence of environment is observed as in both species, only in 2017 but not in 2016, there were negative values for factor b (Table 2). For *C. verticillata* it was determined that peel color is related to the amounts of delphinidin-3-rutinoside, cyanidine 3-rhamnosil arabinose, and delphinidine-3-rhamnoside (Toledo *et al.*, 1983). This means that those anthocyanins might be modulated by temperature (Yamane *et al.*, 2006).

Carreño *et al.*, (1996) measured the color of several grape cultivars, according to that report; the average luminosity of *C. verticillata* is lower than all the grape cultivars evaluated. On the other hand, average luminosity of *C. tiliacea* is nearly the values observed in several blue-black grapes i.e. 'Black Rose', 'La Rochelle', 'Bone Hur' and other red black grapes like 'Cardinal' and 'Monuka', and red-dark violet grapes such as 'Ruby seedless'. For factor of color a, *C. verticillata* is related to red-black cultivars; and *C. tiliacea* to red-dark violets cultivars. Factor of color b relates both *Cissus* species to red black, red dark violet and also red cultivars. Hue and croma values confirm the peel color within the blue dark region of the Cielab scale.

7.1.5.4 Fleshy TSS and acidity

The content of TSS in *C. tiliacea* was slightly lower, from 0.5 to 2.5°Bx; than the contents reported in 2012, 2013 and 2014; also, present results confirm the difference in accumulation of TSS among seasons (Franco-Mora *et al.*, 2016). It has been stated that the sweetness of *C. tiliacea* is a special limit to promote its fresh consumption; and in this way, fruit of *C. verticillata* are considerably less sweet than *C. tiliacea*. TSS content shows that *C. verticillata* is more affected by environmental factors than *C. tiliacea*; TSS content was considerably higher in 2017 than in 2016 in *C. verticillata*, but in *C. tiliacea* only in one harvest day a considerable difference in TSS content was observed. The acidity was more stable in 2016 in *C. verticillata* and in 2017 in *C. tiliacea*. Present acidity was considerably lower than those reported in 2012, 2013 and 2014 (Franco-Mora *et al.*, 2016).

7.1.5.5 Principal components

Along the characterization of other Mexican wild fruits, PC1 and PC2 have explained variance in *Casimiroa edulis* 66% (Andrés *et al.*, 2017), *Ximenia americana* and *Vitis cinerea* 60% (Mora *et al.*, 2009; Franco-Mora *et al.*, 2012). For this work, PC analysis confirmed differences in fruit characteristics between years and among harvest dates (Table 2 and 3).

For both species, the presence of most of the fruit characteristics in the four quadrants suggests the effect of environmental conditions in each harvest day. Additionally, in *C. tiliacea* nearly all the fruit characteristics at 64 DAFFS in 2016, that is, factors of color a, b, luminosity, chroma as well as fruit weight, and the content of total soluble solids were very close among them, and highly influencing PC2. However, in

both species the presence of more than 50% of the observations of luminosity in only one quadrant, suggest this color characteristics stability. In Table 2, is noted than luminosity was not different between years and the relationship *Cissus* x Year. Principal component analysis is a tool to explain the variability in *Cissus* species.

7.1.6 Conclusion

The accumulated temperature in the period of fruit growth was similar in both seasons, in 2017 a variation of 23°C between the higher and lower accumulation of temperatures was observed; but only a variation of 12°C for 2016. In relation to 2016, in 2017 TSS content was clearly higher in *C. verticillata*, but only in some dates in *C. tiliacea*. Moreover, within 2017, higher environmental temperature was related to lower luminosity and values of color factor a in *C. verticillata*, but not in *C. tiliacea*. The plants of *C. tiliacea* seem to be genetically more stable than those of *C. verticillata*. Principal component (PC) 1 and PC2 explain 60% and 50% of variance in *C. verticillata* and *C. tiliacea*, respectively.

Tabla 2. Physical and biochemical *Cissus* fruit characteristics in two harvest seasons in Zumpahuacan, México, Mexico; and the accumulated temperature during 40 days previous harvest.

<i>Cissus</i>	AFS	Temperature		Width		Height		Luminosity		Factor a		Factor b		TSS		Acidity	
		accumulated		(mm)		(mm)						(°Bx)		(%)			
		(°C)															
		2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
<i>C.</i>	49	546	536	8.3	7.9	7.1	7.6	23.6	26.2	3.2	4.4	2.1	1.0	8.4	14.4	0.12	0.10
<i>verticillata</i>	64	545	548	9.1	8.4	7.6	9.5	19.1	16.8	1.8	1.8	1.3	0.5	8.7	11.3	0.12	0.02
	79	547	551	8.9	8.0	7.6	9.3	22.4	13.9	1.1	1.5	1.5	0.4	7.9	12.2	0.14	0.10
	94	535	542	9.2	11.5	7.5	7.3	24.2	27.3	3.4	2.4	4.6	-0.6	8.2	9.9	0.12	0.58
	109	535	528	7.0	7.1	7.0	7.4	22.1	22.8	4.0	3.4	4.5	-0.9	8.5	10.2	0.07	0.03
<i>C. tiliacea</i>	49	546	536	7.0	8.2	7.8	7.8	27.7	24.6	7.6	2.4	6.8	-0.1	15.9	13.2	0.15	0.02
	64	545	548	7.4	7.6	7.5	8.0	31.4	22.7	6.5	2.1	5.6	0.2	12.5	14.1	0.16	0.02
	79	547	551	8.0	6.4	7.6	6.4	23.7	27.2	1.3	3.8	0.9	3.1	12.3	12.0	0.04	0.06
	94	535	542	9.4	6.6	8.9	6.7	18.7	43.1	1.6	5.9	1.3	1.1	12.5	12.8	0.09	0.30
	109	535	528	6.8	7.9	7.1	7.6	33.2	22.3	5.7	1.9	7.0	0.2	7.2	13.2	0.06	0.02

Tabla 3. Analysis of variance for factors of fruit size, color and flavor in two *Cissus* species, growing in two harvest periods in Zumpahuacan, México, Mexico.

	Weight (g)	Width (mm)	Height (mm)	Width/ Height	Lumino- Sity	a	b	Croma	Hue	Total Soluble Solids (%)	Acidity (%)
<i>Cissus</i> (C)	40.4***	3.8*	8.8**	0.5 NS	101.5***	28.6***	23.5***	13.6***	23.9***	145.8***	31.6***
Year (Y)	4.0*	0.6 NS	4.8*	1.6 NS	0.3 NS	5.5*	175.6***	46.9***	143.7***	95.8***	4.3*
Harvest day (H)	23.0***	2.0 NS	11.6***	1.1 NS	19.6***	11.7***	4.4**	92.0***	4.6***	20.2***	106.3***
C × Y	9.1**	0.2 NS	55.5***	1.8 NS	3.0 NS	10.2**	2.2 NS	4.0*	45.6***	28.5***	16.5***
C × H	15.9***	0.9 NS	18.8***	1.1 NS	4.8**	4.6**	5.3***	2.0 NS	5.4***	6.0***	14.5***
Y × H	15.0***	0.4 NS	23.0***	1.6 NS	45.8***	13.8***	23.9***	19.3***	11.5***	5.3***	104.1***
C × Y × H	5.1**	1.5 NS	9.9***	1.1 NS	34.7***	22.7***	20.9***	20.7***	19.8***	22.1***	11.4***

*** significative at 0.001; ** significative at 0.01; * significative at 0.05; NS no significative

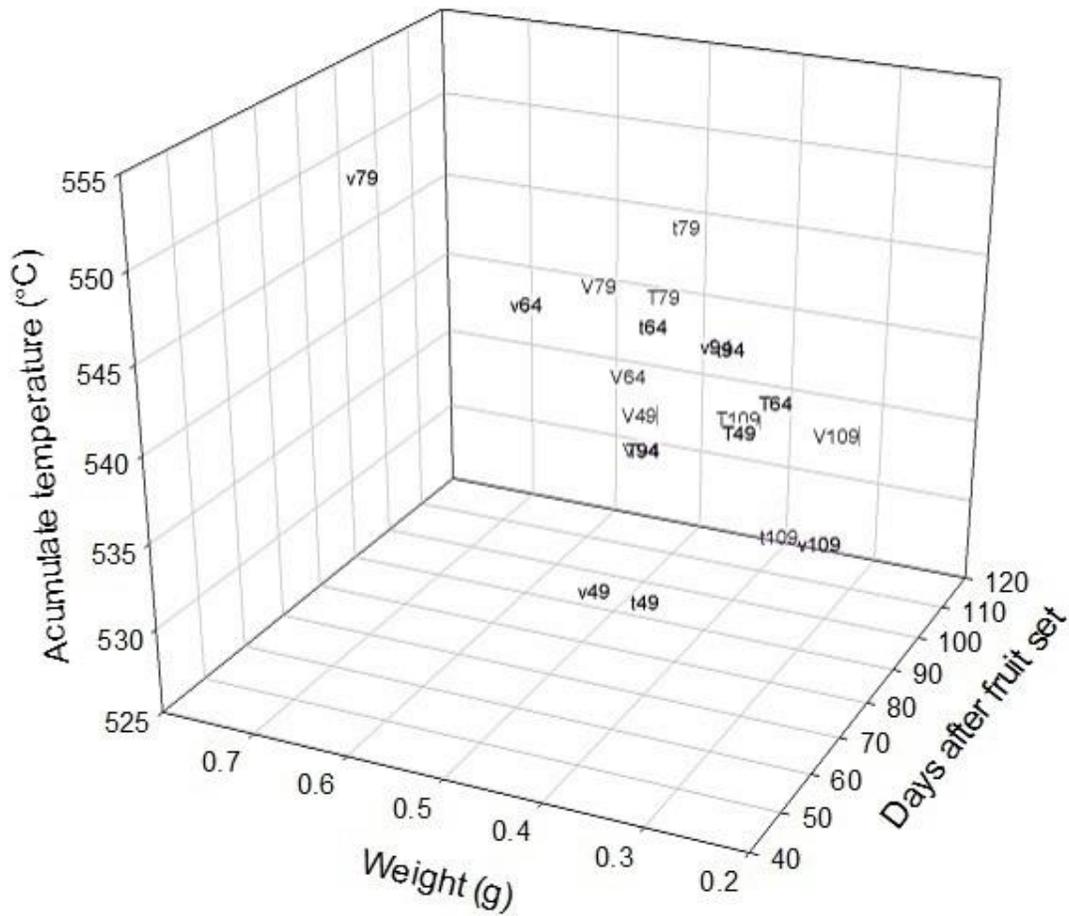


Figura 1. Fruit weight in two *Cissus* species harvested continuously in two different harvest season. V: *Cissus verticillata*, T: *Cissus tiliacea*. Capital letters, 2016, lowercase letters, 2017. The number along the letter is the day of harvest after first fruit set. Data are the average of three replications, 30 fruit each.

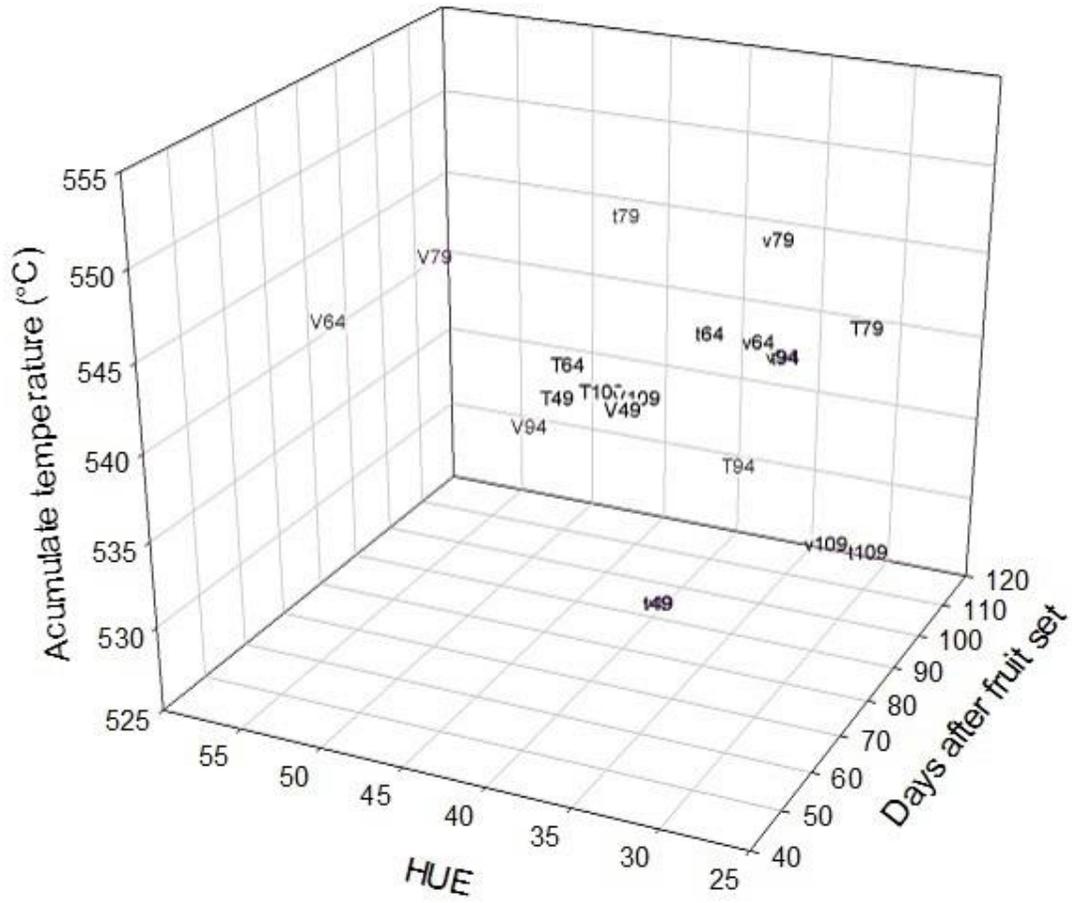


Figura 2. Fruit hue in two *Cissus* species harvested continuously in two different harvest season. V: *Cissus verticillata*, T: *Cissus tiliacea*. Capital letters, 2016, lowercase letters, 2017. The number along the letter is the day of harvest after first fruit set. Data are the average of three replications, 30 fruit each.

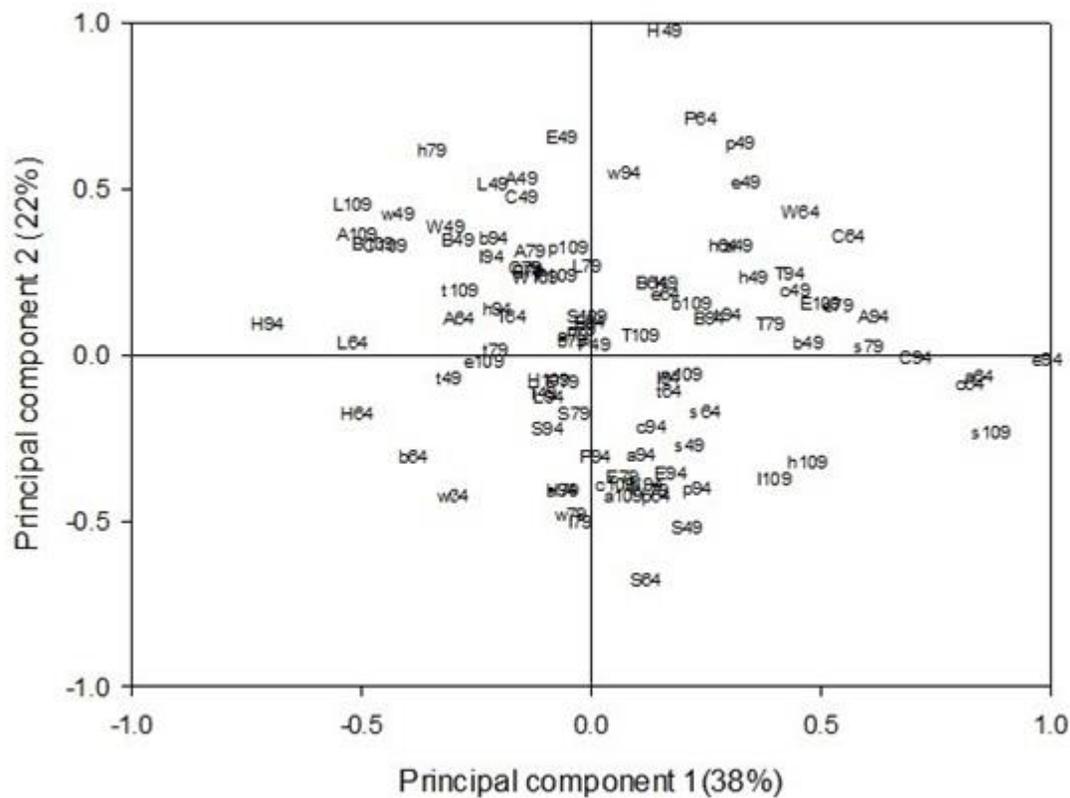


Figura 3. Analysis of main components on the main fruit quality parameters of *Cissus verticillata*, in the icons all the measured acceses and the contribution of the cases.

Were W and w= weight, S and s= total soluble solid, T and t= titratable acidity, L and l = luminosity, A and a= parameter a, B and b= parameter b, C and c= chroma, H and h= hue, E and e= fruit width, P and p= fruit height. Capital letters represent 2016 and lowercase letters 2017.

7.2. Evaluación de recubrimientos comestibles a base de pectina de tejocote (*Crataegus mexicana* Mot. & Sess, ex DC., Rosaceae) en la postcosecha de tihuxocote (*Ximenia americana* L., Olacaceae).

RESUMEN

En 2017 y 2018 se evaluó la respuesta postcosecha de frutos de tihuxicote (*Ximenia americana* L.) a la aplicación de dos recubrimientos comestibles a base de pectina de tejocote (*Crataegus mexicana* DC.) y aceite de semilla de *Vitis*, variando su preparación con la adición de extractos de hojas de *Cissus* (RCBPC) o *Vitis* (RCBPV). Los frutos con o sin recubrimiento (SR) se almacenaron a dos regímenes de temperatura; uno consistió en seis días a 5 °C y posterior exposición a 25 °C (5 + 25 °C), mientras que el segundo régimen de temperatura fue exclusivamente a 25 °C. En ambos años, a 25 °C los frutos RCBPV y RCBPC tuvieron tres días más de vida de anaquel en comparación a frutos SR. Por otro lado, a 5 + 25 °C, en 2017 con los RCBPV y RCBPC se aumentó tres días la vida de anaquel; en 2018 solo en frutos con RCBPC se observó aumento de tres días en la vida de anaquel. De manera general, en ambas regímenes de temperatura, a partir del tercer día de almacenamiento, al menos un recubrimiento disminuyó la tasa de pérdida de firmeza de pulpa y cáscara. No se observó efecto negativo en la acumulación de sólidos solubles totales por adición de los recubrimientos comestibles.

Palabras clave: atmósfera modificada, frutos nativos, firmeza de pulpa, maduración, sabor.

ABSTRACT

In 2017 and 2018, it was evaluated the postharvest response of wild plum (*Ximenia americana* L.) to the application of two edible films based on hawthorn pectin (*Crataegus mexicana* D.C.) and seed oil of *Vitis*; variation in the edible films consisted in the addition of plant extracts of *Cissus* or *Vitis*. Fruits with or without covering were storage at any of the two temperature regimes, that was 6 days at 5 °C and subsequently exposed to 25 °C or only exposure at 25 °C. In both years, when exposed only to 25 °C, fruits coated with either *Vitis* or *Cissus* had 3 more days of shelf life compared to uncoated fruits. On the other hand, when the storage was at 5 °C plus exposure at 25 °C, in 2017 the exposure life with any of the coated cover was increased by 3 days, but in 2018 only the fruits coated with the edible film added with plant extracts of *Cissus tiliacea* presented three days more of storage. In common, in both temperature regimes of storage, from the third day of storage, at least one of the edible films reduced the rate of peel and flesh loss. It was not observed a negative effect in the content of total soluble solids for the use of present edible films in wild plum.

Key words: modified atmosphere, native fruits, pulp firmness, ripening, taste.

7.2.1 Introducción

El género *Ximenia* pertenece a la familia Olacaceae, entre las especies incluidas en dicho género están *X. roigi*, *X. aegyptiaca*, *X. parviflora*, *X. coriaceae*, *X. caffra*, *X. aculeata*, *X. americana*, etc. (Brasileiro *et al.*, 2008). Sacande y Vautier (2006) afirman que este género se distribuye en África, India, Nueva Zelanda, Islas del Pacífico, Indias Occidentales, Centro y Sudamérica y desde el Sudeste Asiático hasta Australia. Para México, Mora *et al.* (2009) reportan la presencia de tihuixocote (*X. americana*) con dos subespecies *X. americana* var. *americana* y *X. americana*, para los estados de Jalisco, Puebla, Oaxaca, Yucatán, Quintana Roo, Veracruz, Chiapas, Campeche, Tabasco y Sinaloa.

El tihuixocote tiene diversos usos, en África su madera se utiliza para elaborar utensilios de cocina o bien como leña. El follaje es alimento para ganado caprino y bovino (Sacande y Vautier, 2006; Feyssa *et al.*, 2012). En Brasil, la corteza, raíces y hojas se utilizan para tratar lepra, fiebre, dolores de cabeza, úlceras y estreñimiento (Da Silva-Leite *et al.*, 2017).

Los frutos son comestibles y con ellos se pueden elaborar bebidas, conservas y jaleas (Saeed y Bashier, 2010; Feyssa *et al.*, 2012). Existe poca información sobre su comportamiento postcosecha. En Etiopia se recomienda su almacenamiento en contenedores abiertos para evitar pudrición, buscando lugares lo más frío posible; se reportan 15 días de vida de anaquel en condiciones de ese país (Feyssa *et al.*, 2012). Franco- Mora (2010) observó que en el almacenamiento a temperatura ambiente los frutos de tihuixocote presentaron 8 días de anaquel, mientras que con el almacenamiento a 5 °C la vida de anaquel fue de 12 días. Por otro lado, Da Silva *et al.* (2008) señalan dos estadios de

maduración, verde y maduro, señalando que de uno a otro se presenta disminución de vitamina C y acidez titulable (AT); mientras que los valores de sólidos solubles totales (SST), pH y la relación SST/AT se incrementó. Por su parte, Sarmiento *et al.* (2015) señalaron dos estadios de maduración, nombrándolos inmaduro y maduro, confirmaron que durante la maduración disminuye la AT, pero no incrementaron los SST y pH; además, reportaron incremento en el contenido de vitamina C. Sawadogo *et al.* (2013) indicó que los frutos de tihuixocote desde campo presentan alta infestación de hongos, lo cual genera alta presencia de pudriciones en postcosecha.

En diferentes estudios sobre tihuixocote, principalmente en África, Brasil y México, se indica la necesidad de aumentar el estudio sobre el comportamiento postcosecha de estos frutos (Franco-Mora, 2010; Feyssa *et al.*, 2012; Sarmiento *et al.*, 2015). En este sentido, las tecnologías postcosecha intentan reducir el daño al consumidor, favoreciendo métodos inocuos que permitan mantener la calidad de cosecha. Entre estos métodos, se encuentra el uso y desarrollo de recubrimientos comestibles a base de polisacáridos; los cuales extienden la vida útil al limitar la transferencia de humedad y gases, abrasión entre frutos y senescencia, crecimiento microbiano y, por otro lado, mantienen apariencia fresca, integridad estructural, sabor, color, firmeza, brillo y aroma (Saavedra y Algecira, 2010; Vázquez-Briones y Guerrero-Beltrán, 2013). Bello-Lara *et al.* (2016) aplicaron recubrimientos de almidón y pectina en frutos de mango (*Mangifera indica*) almacenados a 10 °C, y posteriormente expuestos a 22 °C, los cuales mostraron mayor firmeza y contenido de SST en relación a los frutos sin recubrir, además de conservar su color. Se tienen reportes del empleo de recubrimientos

comestibles a base de pectina comercial (Unipectin solutions) en frutos de *Harconia speciosa*, donde se incrementó la vida postcosecha (Placido *et al.*, 2015). La pectina de tejocote (*Crataegus* spp.) en combinación con cera de candelilla tiene potencial para incrementar la vida postcosecha de productos hortícolas (Lozano-Grande *et al.*, 2016).

A los recubrimientos comestibles se les puede suplementar con antimicrobianos, antioxidantes u otros aditivos alimenticios (Fernández *et al.*, 2015). Entre los antioxidantes se encuentran los aceites esenciales; los cuales contienen compuestos fenólicos a los cuales se les atribuye reducción en los procesos de oxidación lipídica y se relacionan con el aumento de vida postcosecha de productos hortícolas (Sitonio *et al.*, 2014). En uva de mesa (*Vitis vinifera*) la adición de aceite de semilla de uva a cubiertas comestibles, tuvo el mismo efecto benéfico que la aplicación de SO₂ durante 40 días de almacenamiento (Kara y Yazar, 2019). En México crecen de manera silvestre diferentes especies de vid silvestre (*Vitis* spp.), cuyo potencial agroindustrial se centra en el uso del aceite de su semilla. Dicho aceite tiene alta concentración de ácido linoleico y calidad que lo ubica dentro de las normas mexicanas para su consumo como alimento humano (Franco-Mora *et al.*, 2015).

Otro componente de los recubrimientos comestibles han sido los extractos vegetales. Madera-Santana *et al.* (2019) adicionaron extracto acuoso de hojas de *Moringa oleifera* a recubrimientos comestibles a base de quitosano, y observaron mejor índice de sabor en fresa (*Fragaria x ananassa*). Por su parte, Apolonio-Rodríguez *et al.* (2017) mencionan que extractos vegetales acuosos de *Vitis* sp. reducen crecimiento micelial, esporulación y germinación conidial de *Botrytis*

cinérea in vitro. Dicho control se atribuye a la presencia de fenoles como el resveratrol, ácido caféico, ácido gálico y rutin, entre otros, en las hojas de la vid silvestre (Tobar-Reyes *et al.*, 2011). Es factible que en otras plantas de la familia Vitaceae, por ejemplo del género *Cissus*, se tengan contenidos fenólicos factibles de ser empleados para detener crecimiento microbiano (Franco-Mora *et al.*, 2016).

En los valles del centro de México existen diversas especies de frutales subutilizados, por lo que su estudio y definición del potencial hortícola y agroindustrial puede contribuir a su conservación y mejora de cultivo. Así, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el uso de recubrimientos comestibles cuya base común fue pectina de tejocote y aceite de vid silvestre, variando en la adición de extractos acuosos de hojas de *Vitis* sp., o *Cissus tiliacea*, en el comportamiento postcosecha de frutos de tihuixocote.

7.2.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Se cosecharon frutos de tihuixocote en madurez de consumo el 9 de mayo de 2017 y el 17 de mayo de 2018, en una huerta del municipio de Tepexi de Rodríguez, Estado de Puebla, México localizado entre 18°20'24" y 18°37'42" de latitud norte y los meridianos 97° 46'00" y 98°03'18" de longitud occidental y a 1890 msnm (Mora *et al.*, 2009). La temperatura media del mes previo a la cosecha fue 22.4 °C en 2017 y 21.7 °C en 2018; solo se presentó precipitación en el año 2018, 35,31 mm coincidiendo la precipitación un día antes de la cosecha (CONAGUA, 2019).

Una vez cosechados, los frutos se colocaron en recipientes plásticos cúbicos, los cuales se colocaron dentro de hieleras evitando la fricción entre

frutos. El traslado del material vegetal fue por carretera, aproximadamente 4 h, hasta el laboratorio de horticultura de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. Inmediatamente después de su traslado se procedió a aplicar los recubrimientos, sin realizar ningún tratamiento previo a los frutos.

7.2.2.1 Preparación de los recubrimientos

Previo a la preparación de los recubrimientos comestibles a base de pectina (RCBP) se obtuvieron los componentes de dichos recubrimientos. La pectina se extrajo de frutos de tejocote (*Crataegus mexicana* DC.) creciendo de manera silvestre en una región cercana al Nevado de Toluca. Para la extracción se empleó el método de hidrólisis acidificada llevando a pH 3 etanol a 96% (Maldonado *et al.*, 2010); la pectina obtenida presentó 10% de contenido metoxilos y grado de esterificación 60.

Por otro lado, las semillas de vid silvestre se obtuvieron de frutos que a su vez fueron cosechados en plantas pertenecientes a un banco de germoplasma en Zumpahuacán, México; se extrajo el aceite (Franco-Mora *et al.*, 2015) y se almacenó hasta su uso. El día de la elaboración de los RCBP, se molieron en una licuadora (Oster, 6858013000), de manera separada, 20 g de hojas de edad media de vid silvestre y de *Cissus tiliacea* en un litro de agua; posteriormente, se coló la mezcla y la solución acuosa se aforó a un litro, con agua corriente (Apolonio-Rodríguez *et al.*, 2017).

La parte de común de los RCBP fue 64.8% agua corriente, 9.6% pectina de tejocote, 1.3% de cloruro de calcio (Sigma Aldrich), 0.3% de glicerina (Sigma Aldrich), 12% aceite de semilla de vid silvestre y como variante, 12% extracto de

hojas de vid silvestre (RCBPV), o bien, extracto de hojas de *Cissus tiliacea* (RCBPC), dando 0.24% de extracto vegetal en el RCBP. Los componentes del RCBP se combinaron perfectamente en una licuadora, por cerca de dos minutos, hasta formar una mezcla homogénea. La mezcla se elaboró un día antes de la cosecha de frutos y se preservó en refrigeración a 5 °C para su uso.

7.2.2.2 Aplicación del recubrimiento y almacenamiento

La aplicación a los frutos de tihuixocote, tanto de RCBPV o RCBPC, se realizó por inmersión del fruto durante 30 s. Se emplearon 200 frutos para cada RCBP, además de usar 200 frutos sin recubrir (SR) como tratamiento control. Con el fin de acelerar el proceso de secado de las RCBP, los frutos de los tres tratamientos se colocaron en charolas de plástico y durante cinco min se aplicó aire, $0.478 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ con un ventilador (Lasko, S16201). Posteriormente, los frutos de cada formulación de RCBP se dividieron en dos subgrupos, los cuales se colocaron a diferente temperatura de almacenamiento. Una condición de almacenamiento fue de manera permanente a 25 °C; mientras la variante consistió en almacenar los frutos durante 6 días a 5 °C y de manera posterior, y hasta finalizar su vida de anaquel, a 25 °C (5 + 25 °C). De esta manera, en el presente trabajo cada año se tuvieron seis tratamientos, los cuales correspondieron a tres niveles de RCBP y dos niveles de temperatura de almacenamiento. Así, los tratamientos fueron: SR 25 °C, RCBPV 25 °C, RCBPC 25 °C, SR 5 + 25 °C, RCBPV 5 + 25 °C y RCBPC 5 + 25 °C.

7.2.2.3 Evaluación postcosecha

Diariamente se observaron los frutos de manera visual y si alguno presentaba síntomas de pudrición o magulladura se le retiraba del almacenamiento. Se determinó reportar el fin de la vida de anaquel cuando la repetición de cada tratamiento presentaba menos 50% de frutos inicialmente almacenados. En el periodo de anaquel, se determinó la tasa de pérdida de peso; esto, al pesar individualmente 15 frutos por tratamiento, en una balanza analítica (Chyo, JL-200) cada tercer día. El peso inicial del fruto se consideró siempre 100% del peso. Y el cálculo de la pérdida de peso se realizó de la siguiente manera: Porcentaje del peso inicial = $(\text{Peso final} * 100) / \text{Peso inicial}$.

Para determinar la firmeza de la cáscara y la pulpa, se empleó un texturómetro (Broofield, CT3 1000) y con el cilindro P/2 se penetró al fruto por 5 mm a 5 mm/s. A cada fruto se le perforó en la zona ecuatorial en tres puntos diferentes, tanto con cáscara, como sin ella.

La determinación del contenido de SST se realizó extrayendo una gota del jugo del fruto en forma manual, depositándola en el colector de muestra del refractómetro (Atago, Pal-1). Por otro lado, la acidez titulable se determinó mediante el procedimiento descrito por Morales *et al.* (2014). Los datos se expresaron en equivalentes de ácido málico y se obtuvieron con la fórmula siguiente: Porcentaje de acidez titulable = $((V \times N \times 0,006704) / M) \times 100$. En donde: V= Volumen de solución de hidróxido de sodio 0,1 N gastado en la titulación de la muestra, en mililitros; N= Normalidad de la solución de hidróxido de sodio; 0,006704 = Miliequivalentes del ácido málico; M= Peso de la muestra, en gramos.

Los resultados de cada año se analizaron de manera individual; de tal manera que se tuvieron dos experimentos, cada uno con seis tratamientos,

todas las variables con 30 repeticiones. Los datos se registraron en el paquete estadístico SPSS 2010, en donde se obtuvo el ANOVA y cuando para el día en almacenamiento el valor de F fue significativo, se obtuvo la agrupación estadística de las medias con la prueba de Tukey (0.05). Las gráficas se elaboraron en el paquete SIGMA PLOT® 12 (Systat, 2012).

7.2.3 Resultados y discusión

7.2.3.1 Vida de anaquel

En ambos años, el periodo de almacenamiento a 5 + 25 °C fue mayor en comparación al almacenamiento total a 25 °C; de 9 a 6 días para SR, de 12 a 6 días para RCBPV y de 9 a 4 días para RCBPC, coincidiendo el menor aumento para el año 2018. La aplicación de cualquiera de los RCBP en frutos con almacenamiento tanto a 5 °C como a 5 + 25 °C prolongó la vida de anaquel al menos tres días con respecto a los frutos SR expuestos a las mismas condiciones.

Lo anterior confirma los datos iniciales de Franco-Mora *et al.* (2010) y Feysa *et al.* (2012) quienes observaron mayor vida de anaquel para frutos de esta especie en condiciones de menor temperatura de almacenamiento. En este sentido, no se reporta para este trabajo síntomas visibles de daño por frío después de 6 días a 5 °C. Así, tanto la refrigeración como el empleo de recubrimientos comestibles se han asociado a menor tasa metabólica de los productos sometidos a dichos procesos, los cuales en consecuencia retrasan los síntomas de maduración y senescencia (Dussán-Sarria *et al.*, 2014).

El comportamiento de pérdida de peso fue similar en ambos años. Frutos SR almacenados a 25 °C perdieron 50% de su peso inicial a los 6 y 9 días, para 2017 y 2018; mientras dicha pérdida de peso se presentó de 3 a 6 días después para los

frutos con RCBP. Mientras que a 5 + 25 °C, los frutos con RCBPV y RCBPC al sexto día de almacenamiento conservaron mayor proporción del peso inicial con respecto a SR (Figura 5).

La menor pérdida de peso observada en frutos con RCBP más extractos vegetales posiblemente se debe a la barrera que forma la cubierta comestible, con lo cual se reduce el intercambio gaseoso y la pérdida de vapor de agua (Han, 2014).

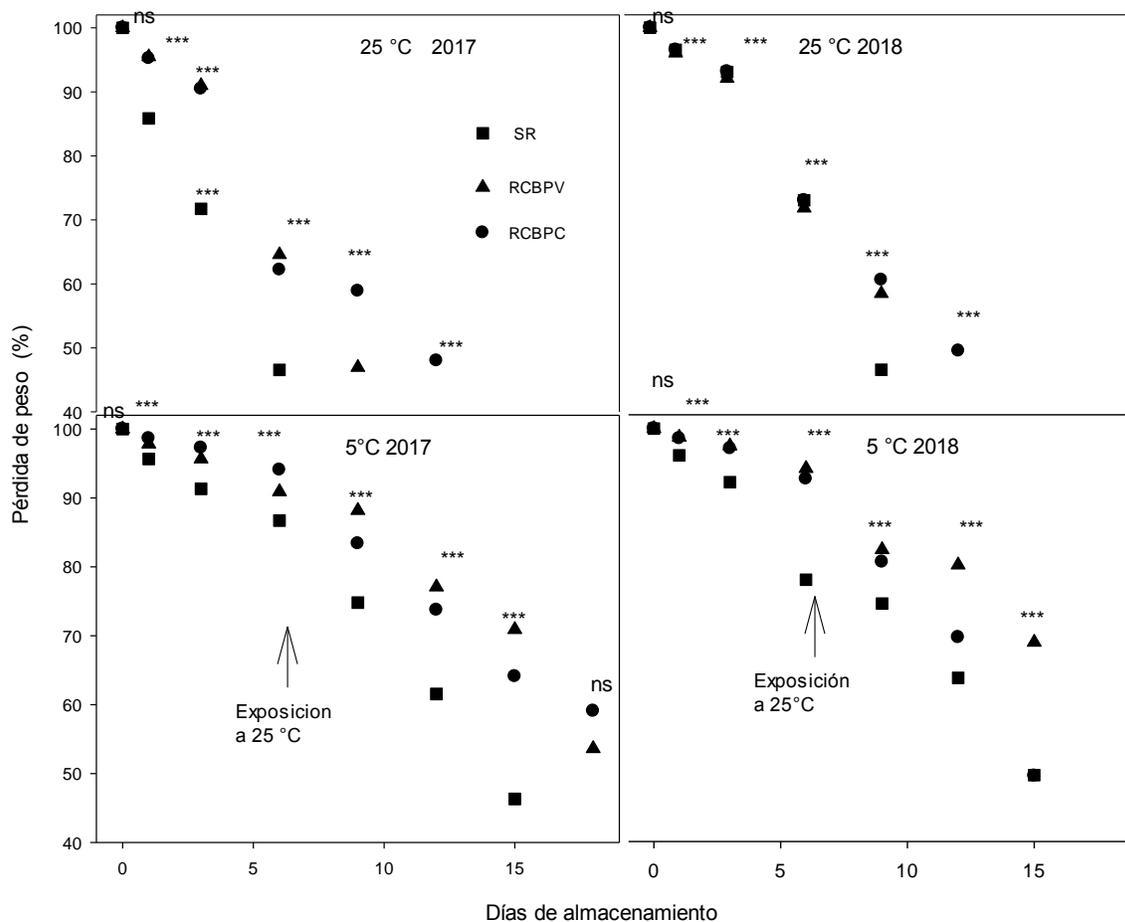


Figura 5. Tasa de pérdida de peso en frutos de *Ximenia americana*, en los periodos postcosecha 2017 y 2018, a dos temperaturas de almacenamiento.

7.2.3.2 Firmeza de cáscara y pulpa

Durante el almacenamiento a cualquier temperatura y en todos los recubrimientos, se observó clara tendencia de disminución en la firmeza de cáscara y pulpa del tihixocote. Sin embargo, para el caso del almacenamiento a 25 °C, el proceso de disminución de dicha firmeza fue en menos días al comparar con el almacenamiento a 5 °C + 25 °C (Figuras 6 y 7). Los frutos SR llegaron a 0.75 N, o menos, a los 3 y 9 días después de almacenamiento (DDA), en 2018 y 2017, respectivamente, tanto en cáscara como en pulpa. A dicha temperatura, en ambos años, se observó que al último día en condiciones de anaquel, los frutos SR disminuyeron a menos de 50% de la firmeza inicial de cáscara. Se determinó que tanto los frutos con RCBPV y RCBPC al último día de anaquel, también presentaban en promedio 50% de la firmeza inicial, pero esto ocurre al menos 3 días después que en los frutos SR.

Por otro lado, en el almacenamiento a 5 + 25 °C; los frutos SR estuvieron en anaquel 15 días hasta llegar a valores cercanos a 30% de su firmeza inicial; mientras que los RCBPV y RCBPC, llegaron con firmeza de cáscara hasta 60 y 40% del valor inicial en 2018 y 2017, respectivamente, y la firmeza de pulpa de 50 a 60% del valor inicial en los mismos años. La menor pérdida de firmeza de cáscara y pulpa se observó con la aplicación de RCBPC en ambas temperaturas de almacenamiento. Los recubrimientos comestibles han permitido conservar la firmeza de pulpa en mango almacenado en PET (Dussán-Sarria *et al.*, 2014). Lo cual, también se ha observado en jitomates (*Solanum lycopersicum*) recubiertos con almidón modificado de yuca (*Manihot esculenta*) (Barco *et al.*, 2011). En este

sentido, la mayor retención de firmeza se asocia al retardamiento del proceso de maduración (Pereira *et al.*, 2012).

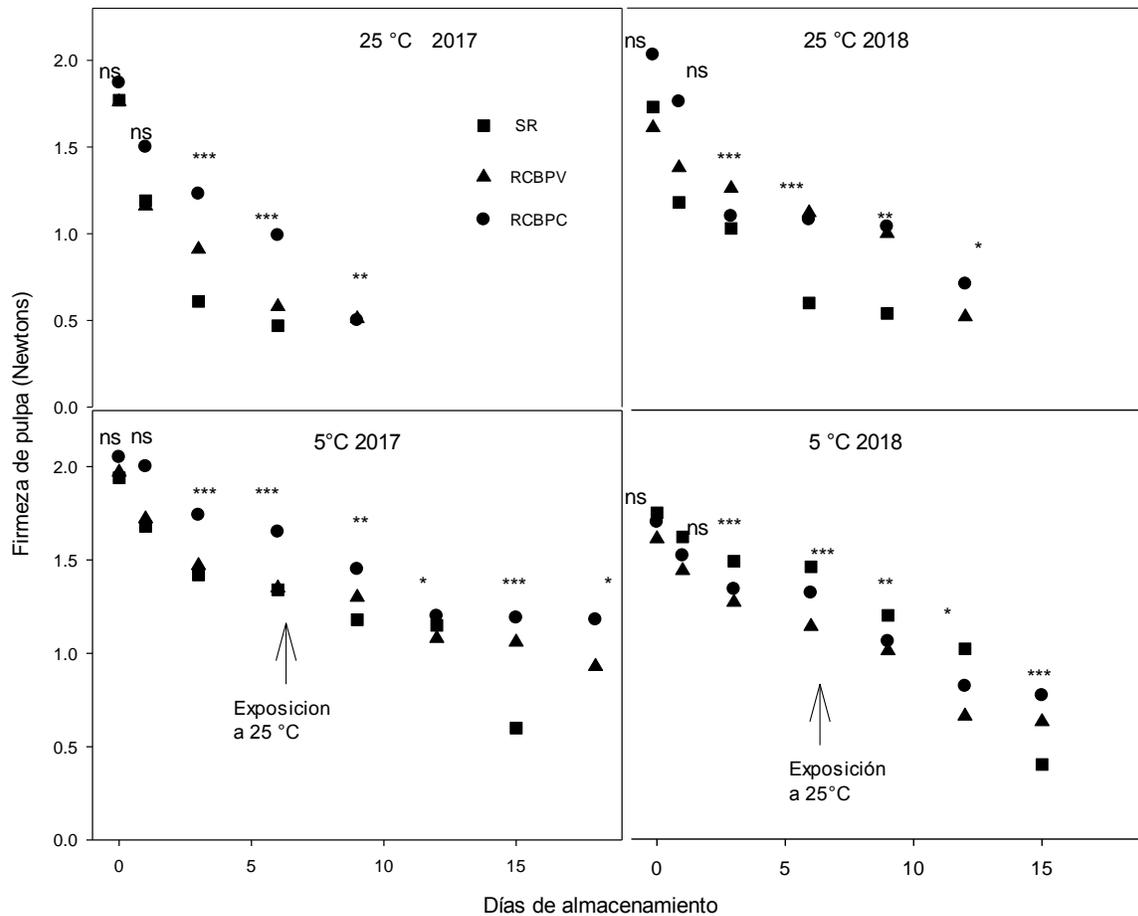


Figura 6. Firmeza de la cáscara de frutos de *Ximenia americana*, en los periodos postcosecha 2017 y 2018, a dos ambientes de almacenamiento

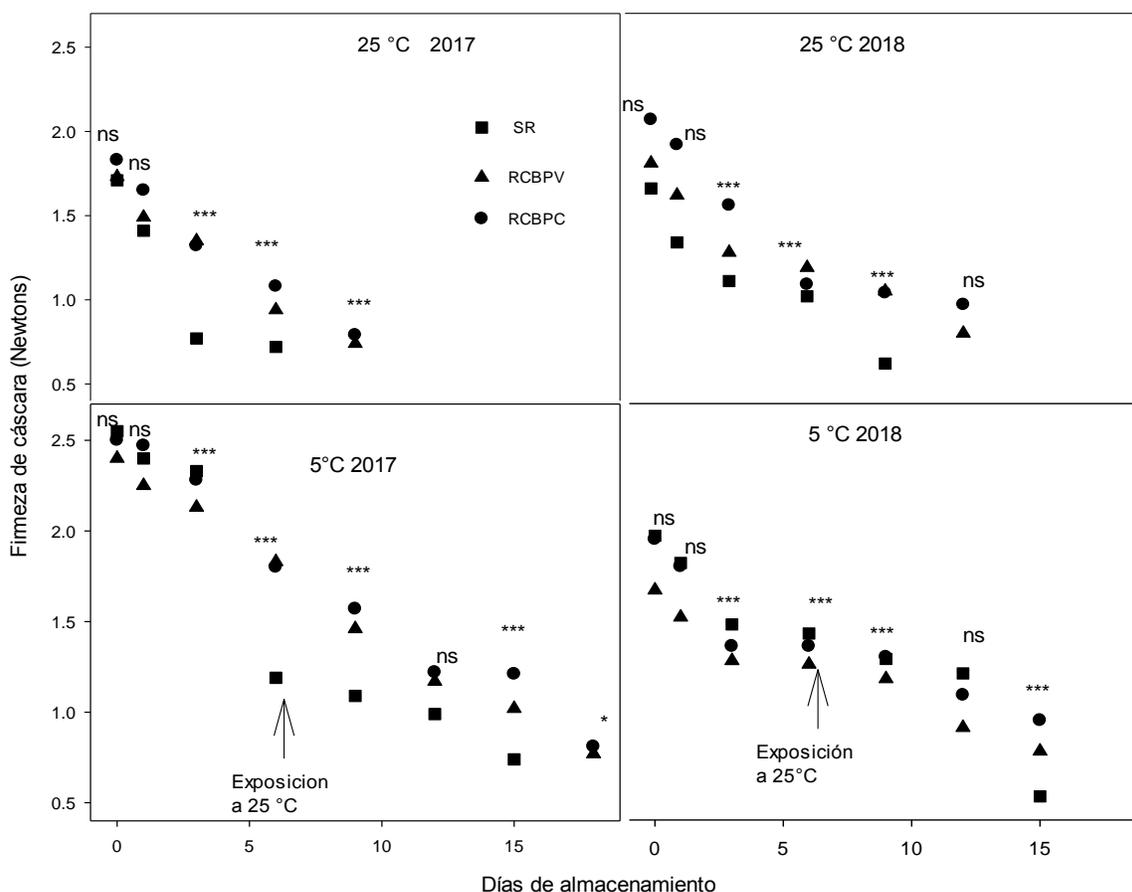


Figura 7. Firmeza de la pulpa de frutos de *Ximenia americana*, en los periodos postcosecha 2017 y 2018, a dos ambientes de almacenamiento

7.2.3.3 Sólidos solubles totales

En 2017, el contenido de SST alcanzó 28 °Brix en frutos SR almacenados a 25 °C a los 6 días después del almacenamiento (DDA). Mientras que los frutos con RCBPC y RCBPV promediaron 24 °Brix a 9 DDA. El almacenamiento a 5 + 25 °C ocasiono que los frutos con mayor contenido de SST fueran RCBPC y RCBPV en 2017, llegando a 25 °Brix (Figura 8). Es decir, existió menor acumulación de SST al almacenarse a 5 + 25 °C; sin embargo, los valores de SST alcanzados en ambos años se encuentran sobre los rangos reportados por Mora *et al.* (2009)

10.9 a 16.3 °Brix y similares a los 26 °Brix reportados por Da Silva *et al.* (2008). En este sentido, se puede inferir que los RCBP no causan efecto negativo en la maduración del tihuixocote. Esto corresponde a lo mencionado por Leak *et al.* (2017) quienes determinaron que con coberturas de quitosano aplicadas en jitomate, la maduración tanto en refrigeración como a temperatura ambiente fue más lenta, y que los SST no difirieron ampliamente con el tratamiento.

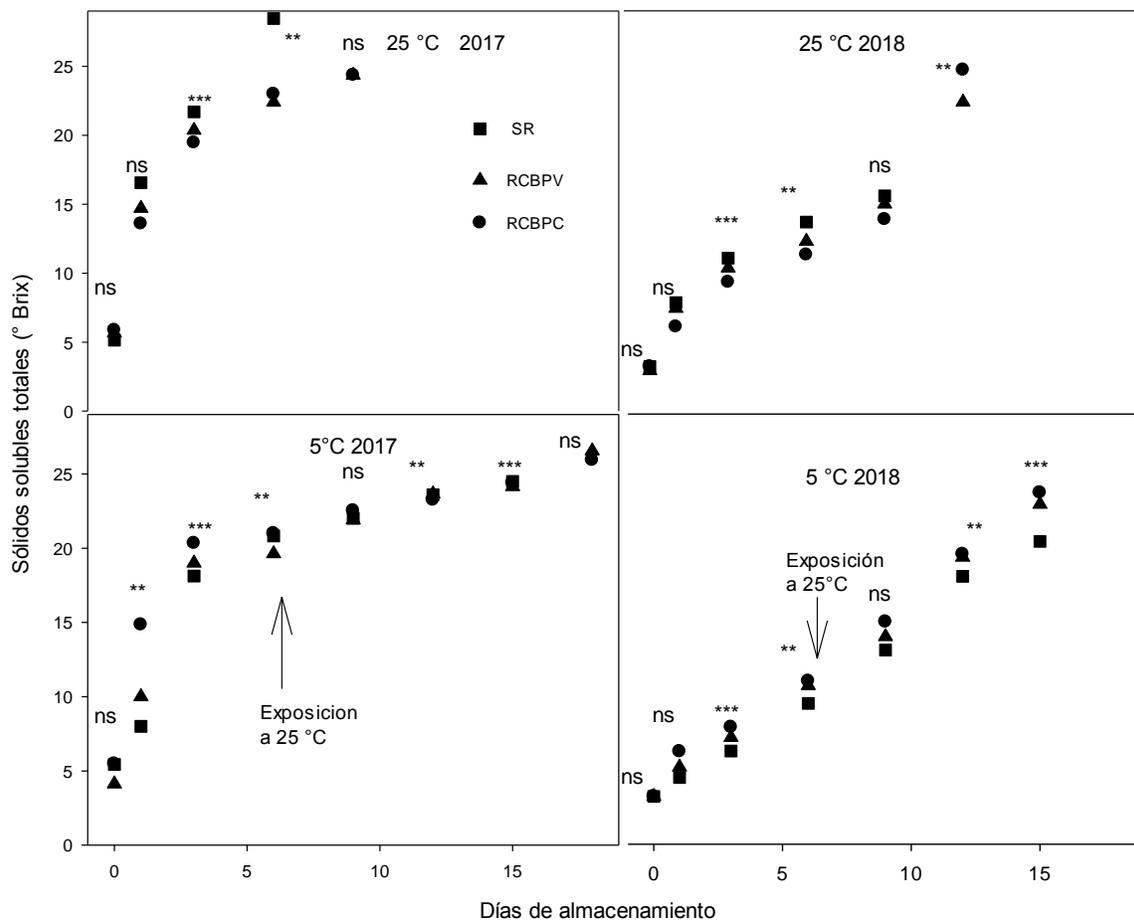


Figura 8. Contenido de sólidos solubles (°Brix) en frutos de *Ximenia americana* en los periodos postcosecha 2017 y 2018, a dos ambientes de almacenamiento

7.2.3.4 Acidez titulable

Los resultados de AT arrojaron valores más altos de 0.3% de acidez para los frutos colectados en 2018 con respecto a los colectados en 2017 (Figura 9). Sin embargo, en ambos años, hay tendencia similar en la disminución de la acidez durante la maduración. En general, los valores de acidez en todos los frutos con RCBP son mayores que los frutos SR. Mora *et al.* (2009) reportaron mayor acidez titulable a la observada en este trabajo, con valores de 1%. Mientras que Da Silva *et al.* (2008) reportaron AT de 4% para frutos de tihuixocote provenientes de Brasil, y cuya acidez se redujo cerca del 14.4% durante el proceso de maduración. Se ha reportado que el cambio en AT en postcosecha se debe al empleo de ácidos orgánicos como sustrato respiratorio (Sousa 2007). En este trabajo, de manera general se observó que en el almacenamiento a 25 °C y a 5 + 25 °C disminuyó la AT de manera más pronunciada en frutos SR que en aquellos con cualquiera de los frutos RCBP, lo cual sugiere menor actividad metabólica por la aplicación de RCBP a dicha temperatura de almacenamiento (Yang *et al.*, 2009).

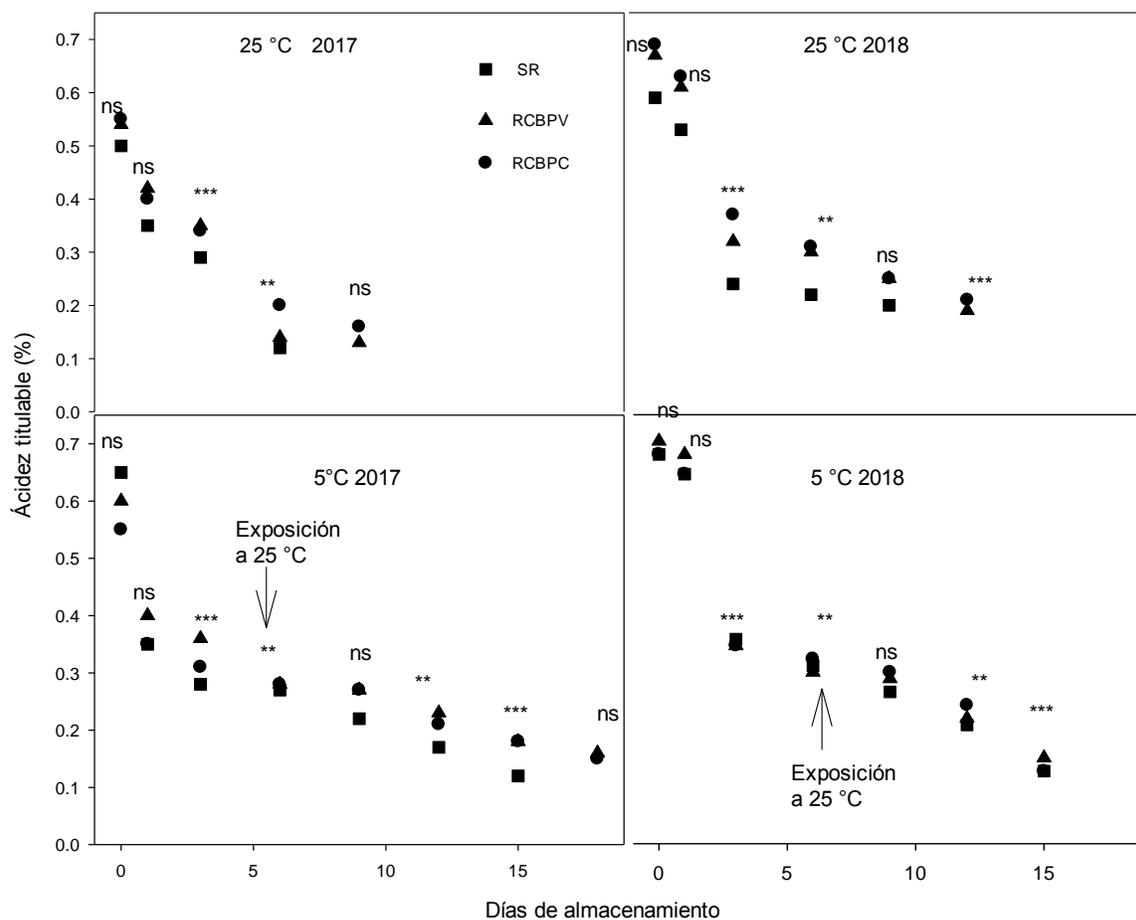


Figura 9. Acidez titulable en frutos de *Ximenia americana* en los periodos postcosecha 2017 y 2018, a dos ambientes de almacenamiento

7.2.4 Conclusiones

La aplicación de recubrimientos comestibles a base de pectina de tejocote con aceite de semilla de vid silvestre más extracto de hojas de vid o de *Cissus tiliacea* incrementan 3 días el almacenamiento a 25 °C, pero a 5 + 25 °C el aumento en el periodo postcosecha en ambos años. El recubrimiento comestibles con extracto de hojas de *Cissus tiliacea* limitó la tasa de pérdida de firmeza de la cáscara y pulpa, por lo que el uso de coberturas comestibles a base de pectina de

tejocote y aceite de semilla de vid silvestre es recomendable para prolongar la vida útil de tihuixocote.

7.3 Recubrimiento comestible aplicado a ciruela mexicana (*Spondias purpurea*)

7.3.1 Introducción

El mercado de la ciruela mexicana es local y en el mejor de los casos, regional; se consume mayormente en fresco, en las poblaciones de origen y en los mercados de las ciudades cercanas (Maldonado *et al.*, 2007; Ramírez *et al.*, 2008 citado en Vargas-Simón *et al.*, 2011). Algunos datos estadísticos reportados en México refieren que se produce ciruela en 21 estados, sin embargo, la superficie plantada de ciruela como cultivo comercial actualmente abarca ocho estados de ambas costas y el centro del país; Michoacán presenta 18.62% de la superficie plantada en el país, seguido de Chiapas, Puebla y Sinaloa con 17.92%, 13.48% y 10.82% respectivamente. Aunado a esto Puebla (3,554 ha), Chiapas (2,327 ha) y Sinaloa (1,510 ha) en conjunto alcanzan una producción de 7,391.5 ha, lo que constituye 61% del total de la superficie cosechada en el país (Cruz y Rodríguez, 2012). Asimismo Ruenes-Morales *et al.* (2016) mencionan que en Campeche se dedican al manejo y cultivo comercial de ciruela mexicana (*Spondias purpurea*), siendo Cuspeña, Cuspana y Chí aval las variedades más cultivadas para comercialización, debido a la calidad de los frutos y duración de la fruta en estado maduro (Canul, 2013).

La marginación actual y la escasez de plantaciones comerciales de ciruela se deben en gran parte a la falta de atención de los productores, técnicos y extensionistas agrícolas, que dedican sus esfuerzos a otros frutales de mayor demanda en el mercado extranjero (Cuevas, 2013).

Por otro lado Osuna-García *et al.* (2011) mencionan que anualmente 40% de la producción de ciruela mexicana se pierde debido a la falta de protocolos de almacenamiento para esta fruta. Además, es comercializado en mercados cercanos debido a que es altamente perecedero y existe poca información sobre su manejo poscosecha (Díaz-Pérez, 1998). De tal modo que es importante buscar estrategias para la conservación de este fruto y así aprovechar sus propiedades nutrimentales (Tiburski *et al.*, 2011) Baños *et al.* (2006) afirman que la ciruela mexicana es una fruta climatérica, tropical, muy sensible a daños por frío y recomiendan el almacenamiento a bajas temperaturas con el uso de recubrimientos. Por lo que el objetivo de este apartado fue aplicar un recubrimiento comestible elaborado a base de pectina de tejocote y extractos vegetales de *Cissus*, adicionado con aceite de *Vitis* para evaluar la vida de anaquel de frutos comerciales de ciruela mexicana bajo dos temperaturas de almacenamiento (25°C y 5°C por seis días con posterior exposición a 25°C).

7.3.2. Materiales y Métodos

El uso de este recubrimiento se basó en los resultados que mostró la investigación del capítulo anterior. Es por ello que la metodología de aplicación y evaluación del recubrimiento a base de pectina y extracto de *Cissus* fue la ya mencionada, además de medir la tasa de respiración del fruto durante el proceso de almacenamiento.

7.3.3. Resultados y discusión

7.3.3.1. Cinética de peso fresco

El comportamiento de pérdida de peso en los frutos de ciruela mexicana mostró clara tendencia a disminuir (Figura 10). Frutos SR almacenados a 25 °C perdieron 22% de su peso inicial a los 15 días; dicho porcentaje de pérdida de peso se presentó 3 días después para los frutos con RCBPC 25 °C. Del mismo modo a 5 + 25 °C, los frutos RCBPC al sexto día de almacenamiento conservaron mayor proporción del peso inicial con respecto a SR; además, la aplicación de recubrimiento a base de pectina y extractos de *Cissus* aumentó tres días la vida de anaquel en frutos de ciruela mexicana.

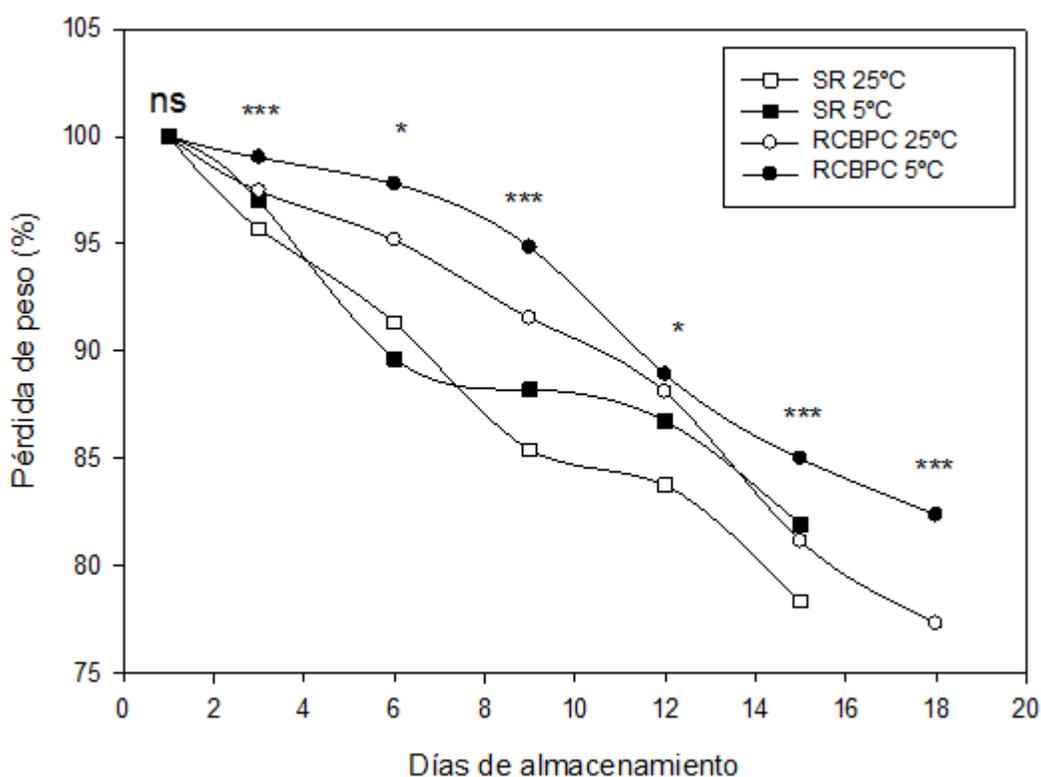


Figura 10. Tasa de pérdida de peso en frutos de *Spondias purpurea*, a dos temperaturas de almacenamiento. Donde SR= sin recubrimiento, RCBPC= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Cissus*, además 25°C

representa la temperatura de almacenamiento, 5°C representa la temperatura de almacenamiento por 6 días y posteriormente almacenamiento final a 25°C, *= significativo a 0.05, ** = significativo a 0.01 y *** =significativo a 0.001.

Efecto que contrasta con lo mencionado por Zegbe *et al.* (2012) quienes mencionan que frutas de ciruela mexicana tratada con recubrimiento a partir de mucilago de nopal (*Opuntia* spp.) disminuyen la vida postcosecha con relación al testigo, ya que aumentan la tasa de pérdida de peso. Bautista *et al.* (2006) indicaron que la tasa de pérdida de peso en frutos de ciruela mexicana está influenciada por la temperatura y tiempo de almacenamiento. Tal efecto se observa en la figura 10 con los datos de este trabajo y corresponden a lo encontrado por Maldonado-Astudillo *et al.* (2014) y Bautista *et al.* (2006) quienes afirman que la vida de anaquel en ciruela mexicana aumenta hasta 72 h con el uso de coberturas comestibles. Por su parte, Baños *et al.* (2006) demostraron que el uso de coberturas de quitosano en *S. purpurea* a 12 °C inhibe la pérdida de peso. Finalmente, Gutiérrez y Carrillo (2016) mencionan que el uso de recubrimientos comestibles de maltodextrina y vainillina (4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído) en *Spondias purpurea* extendió la vida útil hasta por 7 días a temperatura ambiente y 12 días a 5°C, lo que se asemeja a lo determinado en este trabajo.

Asimismo, Muñiz-Márquez *et al.* (2017) determinaron que el uso de recubrimientos comestibles a partir de pectina con o sin la adición de cera de candelilla prolongó la vida de anaquel hasta 3 días en *S. mombin* L., corroborando que la mayor pérdida de peso se da en las muestras que no son recubiertas.

7.3.3.2. Contenido de sólidos solubles totales

Para esta investigación, el contenido de sólidos solubles totales (SST) se incrementó durante el proceso de almacenamiento. Sin embargo, se observa que en el almacenamiento a 25°C, la acumulación de SST en los frutos RCBPC es menor con respecto a los SR, mientras que para el almacenamiento a 5°C observa un efecto inverso (Figura 11). Considerando esto, para el caso de almacenamiento a 25°C la reducción en el contenido de SST en frutos cubiertos, es un indicativo de que el proceso de respiración fue limitado por el recubrimiento (Manganaris *et al.*, 2007).

Por el contrario, Zegbe *et al.* (2012) mencionan que la concentración de SST incrementa 67% en frutos de ciruela mexicana recubiertos con mucilago de nopal. Otros autores como Gutiérrez y Carrillo, (2016) mencionan que con el uso de coberturas y almacenamiento a 12 °C se observaron 7 °Brix en frutos de ciruela mexicana. En otro sentido y de acuerdo a Maldonado-Astudillo *et al.* (2014) en *S. purpurea*, los SST varían entre 3.2 - 27 °Brix, mientras que Álvarez-Vargas *et al.* (2017) observaron un rango entre 8.2 y 22.8 °Brix. Del mismo modo, Alia *et al.* (2012) y Solórzano *et al.* (2015) reportaron valores máximos de SST entre 17.3 y 18.2 °Brix, lo que corresponde a los valores señalados en este trabajo, donde el valor mínimo de SST se obtuvo en los frutos SR a 5°C con posterior exposición a 25°C y que alcanzo aproximadamente 17 °Brix, mientras para RCBPC tanto a 25 °C como a 5 °C + 25 °C, el contenido máximo de SST fue de 21 y 23 °Brix respectivamente. Por otro lado, los frutos SR a 25°C presentaron un máximo de 25 °Brix, demostrando así que el uso de las cubiertas comestibles empleadas en esta investigación no inhibe el proceso de maduración. La acumulación de SST en frutos

RCBPC se da de manera similar a los frutos SR almacenados a 25°C y además cuando el recubrimiento se acompaña de temperatura a 5°C por 6 días prologa la vida de anaquel por hasta 3 días más con respecto a los frutos SR en ambas temperaturas.

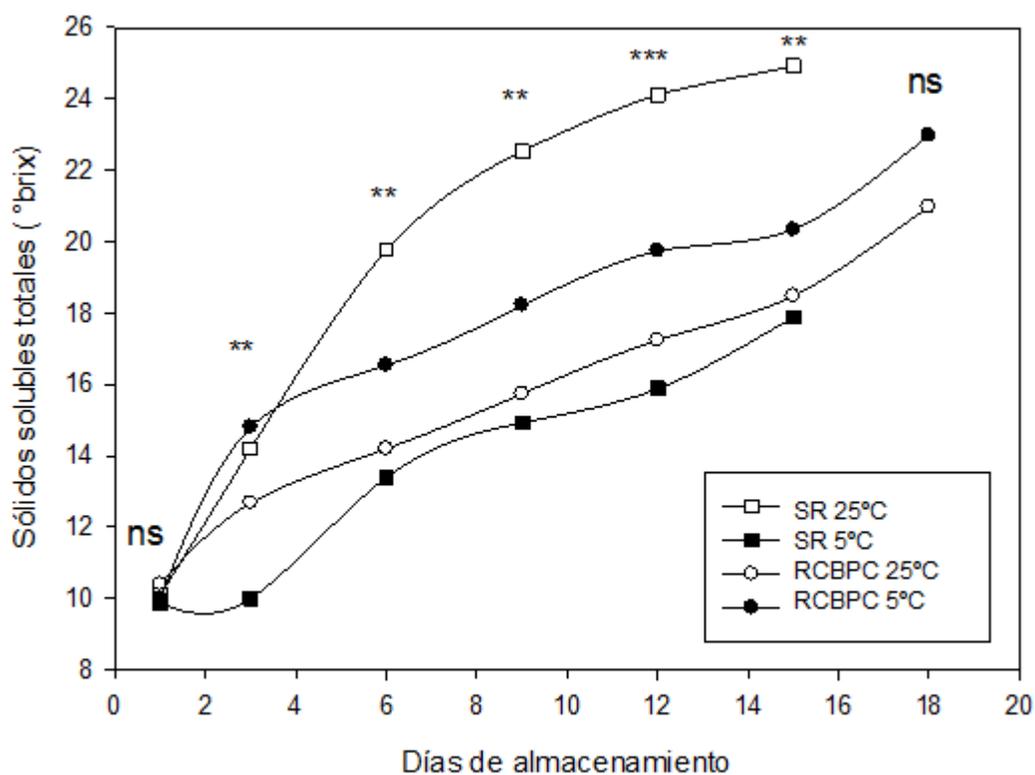


Figura 11. Contenido de sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de *Spondia purpurea*, bajo dos temperaturas de almacenamiento. Donde SR= sin recubrimiento, RCBPC= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Cissus*, además 25°C representa la temperatura de almacenamiento, 5°C representa la temperatura de almacenamiento por 6 días y posteriormente almacenamiento final a 25°C, * = significativo a 0.05, ** = significativo a 0.01 y *** = significativo a 0.001.

7.3.3.3. Firmeza del fruto

Durante el almacenamiento de *S. purpurea* se observó clara tendencia de disminución en la firmeza, a cualquier temperatura y para frutos con y sin recubrimiento. Sin embargo, para el caso del almacenamiento a 25 °C, el proceso de disminución de dicha firmeza fue mayor al comparar con el almacenamiento a 5 °C (Figura 12). Los frutos SR 25 °C llegaron a 3 N, o menos, a los 3 días después de almacenamiento (DDA), respectivamente. A dicha temperatura, se observó que al último día en condiciones de anaquel, los frutos SR disminuyeron 40% de la firmeza inicial, mientras que SR 5°C, RCBPC 25°C y RCBPC 5°C tan solo 20% o menos de la firmeza inicial.

Por otro lado, en el almacenamiento a 5 °C; los frutos SR estuvieron en anaquel 15 días hasta llegar a valores cercanos a 50% de su firmeza inicial; mientras que los RCBPC 5 °C, llegaron con firmeza de cáscara hasta 70% del valor inicial. La menor pérdida de firmeza se observó con la aplicación de RCBPC en ambas temperaturas de almacenamiento. Los recubrimientos comestibles han permitido conservar la firmeza de pulpa en mango almacenado en PET (Dussán-Sarria *et al.*, 2014). Efecto que no corresponde con lo encontrado por Zegbe *et al.* (2012) quienes determinaron que la firmeza del fruto de *S. purpurea* se redujo 89% desde la cosecha hasta el final del periodo de almacenamiento. Del mismo modo, Bautista-Baños *et al.* (2003) mencionan que a la cosecha, la ciruela mexicana presenta 30 N de firmeza y después de 4 días de almacenamiento, esta disminuye hasta 9N; valores que se encuentran por encima de los encontrados para esta investigación. Sin embargo, corresponden a lo determinado por Salazar (2018), quien determinó que después de la cosecha, la firmeza de frutos de ciruela

mexicana mostraron entre 5.7 y 7.1 N, mientras que 7 días después disminuyó a 2 y 2.7 N. Asimismo Pérez-Arias *et al.* (2008) reportan valores de 1.66 N a 2.12 N en frutos de ciruela. En un capítulo previo, se mencionó que para tihucocote los frutos SR y RCBPC almacenados a 25°C y 5°C+25°C disminuyeron a menos de 50% de la firmeza inicial, comportamiento similar a lo observado en esta investigación. Efecto asociado según Pereira *et al.* (2012) al retardamiento del proceso de maduración.

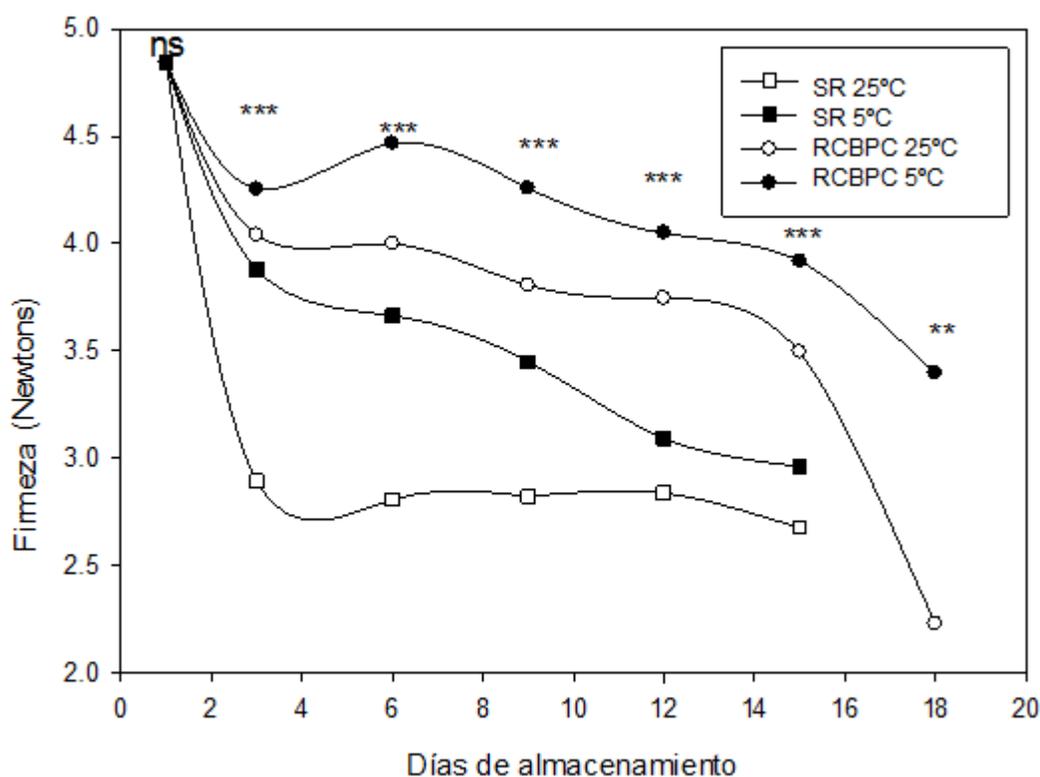


Figura 12. Firmeza del fruto de *Spondias purpurea* bajo dos temperaturas de almacenamiento. Donde SR= sin recubrimiento, RCBPC= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Cissus*, además 25 °C representa la temperatura de almacenamiento, 5°C representa la temperatura de almacenamiento por 6 días y

posteriormente almacenamiento final a 25°C, * = significativo a 0.05, ** = significativo a 0.01 y *** = significativo a 0.001.

7.3.3.4. Respiración

En esta investigación, se observó desde el primer día de almacenamiento un pico climatérico con alrededor de 170 a 190 mg kg⁻¹ h⁻¹ de CO₂ y un segundo pico de climaterio a los 12 días de almacenamiento, esto para temperaturas de 25°C y 5°C (Figura 13), contrario a lo previamente mencionado por Osuna *et al.* (2011), quienes ubican para *Spondias* sp., el pico del climaterio a las 72 h de almacenamiento a 22 °C lo cual representa una producción de 103.3 mg kg⁻¹ h⁻¹ de CO₂, el cual afirman puede ser disminuido con el uso de inhibidores como el 1-MCP. Por otra parte García-González *et al.* (2016) encontraron que en frutos maduros de ciruela mexicana almacenados a 5 °C por 5 o 10 días los puntos máximos de respiración se presentan al cuarto y quinto día, respectivamente, pero que al salir de la refrigeración aumentan la producción de CO₂ con respecto a los no refrigerados. Contrario a lo que se muestra en este experimento, ya que todos los tratamientos mostraron la misma tendencia de respiración pero con producción de CO₂ que generan diferencia significativa. Lo cual concuerda con lo mencionado por Cisneros-Zevallos y Krochta (2002) quienes enuncian que los recubrimientos comestibles permiten controlar la respiración y senescencia de las frutas de forma similar a las atmósferas modificadas.

Por tanto, la inhibición respiratoria significativa del recubrimiento se puede atribuir a que ésta modifica la atmósfera interna de los frutos de ciruela mexicana

con respecto a la de los frutos control, generando así menor respiración en los frutos RCBPC con respecto a los SR, incluso en ambos picos de climaterio, lo que les permite que continúen el proceso de madurez y senescencia aun después de este último pico climaterio, por hasta 6 días mas

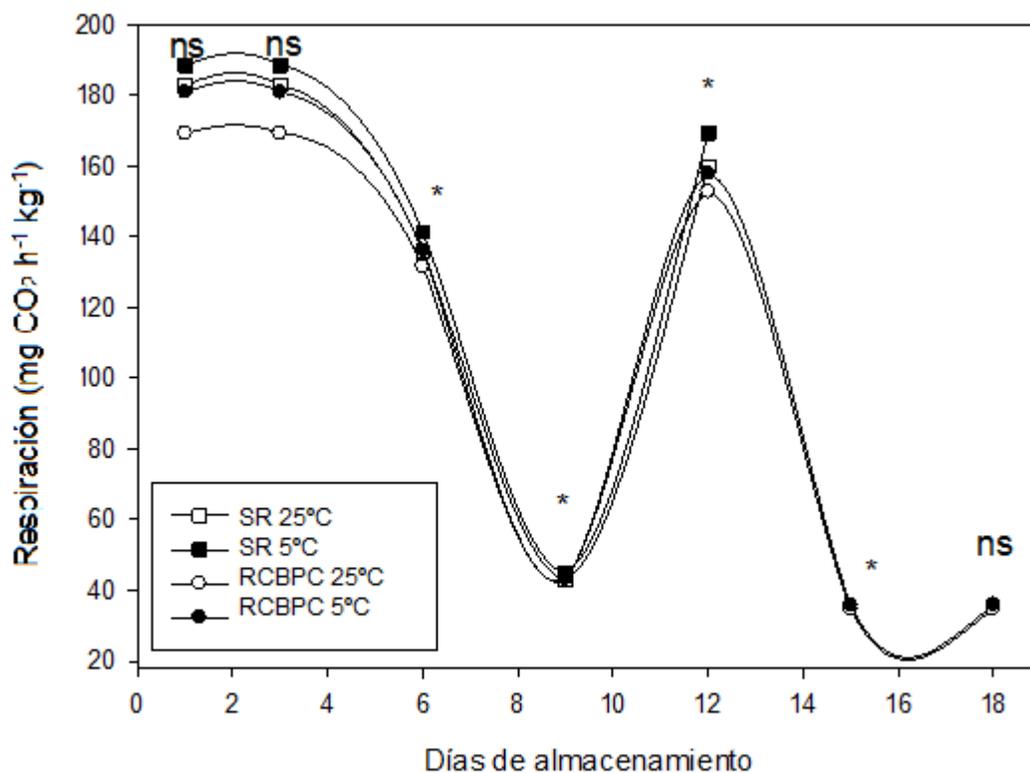


Figura 13. Tasa de respiración en frutos de *Spondias purpurea*, bajo dos temperaturas de almacenamiento. Donde SR= sin recubrimiento, RCBPC= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Cissus*, además 25 °C representa la temperatura de almacenamiento, 5°C representa la temperatura de almacenamiento por 6 días y posteriormente almacenamiento final a 25°C, *= significativo a 0.05, ** = significativo a 0.01 y *** = significativo a 0.001.

7.3.3.5. Acidez titulable

Alia-Tejacal *et al.* (2012) mencionan que en frutos de ciruela mexicana, la acidez titulable (AT) fluctuó entre 0.2 y 2.0%. Por su parte, Cunha *et al.* (2001) reportaron valores entre 0.6 y 0.9%. Bautista-Baños *et al.* (2003) encontraron valores de 0.84 a 0.52% y Guerrero *et al.* (2011) reportaron que la acidez titulable es variable según la cosecha de abril a mayo de 2018, pues hallaron valores de 0.39 para una cosecha y 0.26 para otra. Los valores encontrados en la literatura, corresponden a lo reportado en esta investigación, donde a la cosecha de ciruela mexicana, estas presentaron 0.06% de acidez titulable y a medida que se mantiene el almacenamiento se observa tendencia a disminuir la acidez hasta 0.04%. Se observó que los frutos RCBPC alcanzaron valores más bajos de AT al día 15 de almacenamiento, en relación a los SR (Figura 14). Este hecho, confirma lo mencionado por Maldonado-Astudillo *et al.* (2014) quienes indicaron que la acidez titulable disminuye durante la maduración de ciruela mexicana. Por lo que se puede afirmar que el uso de coberturas comestibles de pectina y extractos de *Cissus* inhiben el detrimento de acidez durante el almacenamiento de frutos de ciruela mexicana.

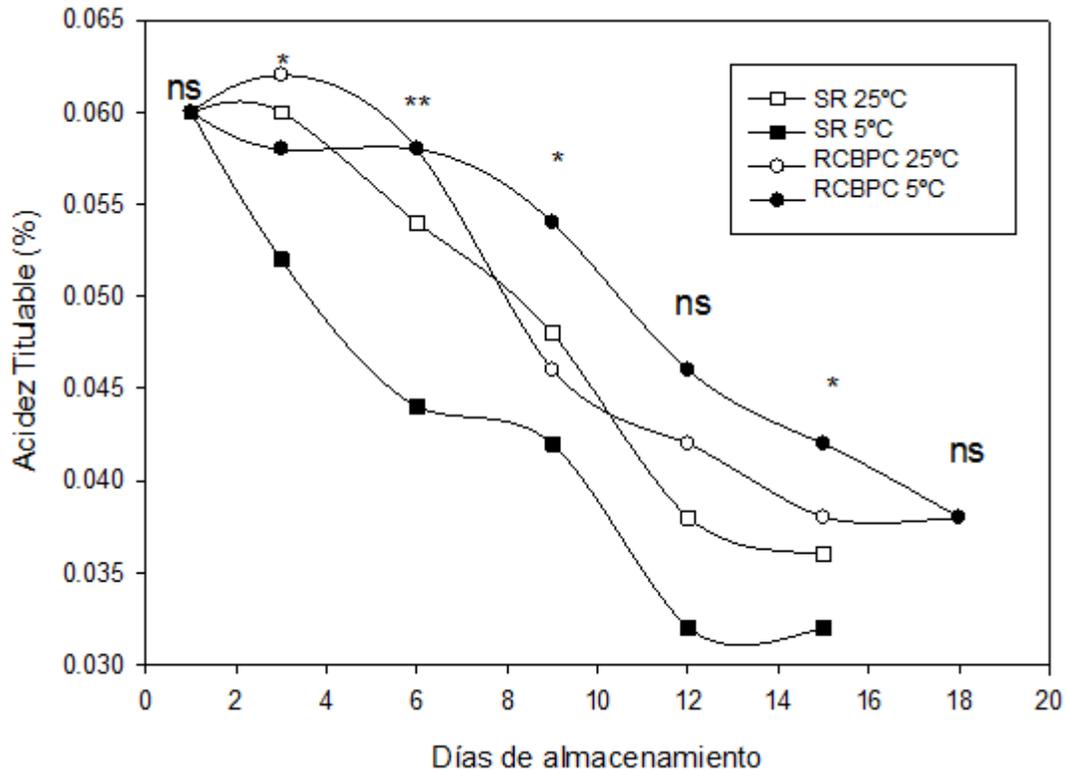


Figura 14. Acidez titulable en frutos de *Spondias purpurea*, bajo dos temperaturas de almacenamiento. Donde SR= sin recubrimiento, RCBPC= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Cissus*, además 25°C representa la temperatura de almacenamiento, 5°C representa la temperatura de almacenamiento por 6 días y posteriormente almacenamiento final a 25°C, *= significativo a 0.05, ** = significativo a 0.01 y *** = significativo a 0.001.

7.3.3.6. Color

7.3.3.6.1. Luminosidad

La disminución de los valores de luminosidad de las frutas es un indicador del oscurecimiento que sufren durante su almacenamiento. En la presente experiencia, la luminosidad de las ciruelas mexicanas se vio influenciada por el tipo de tratamiento y el tiempo de almacenamiento. En consecuencia, el uso de

almacenamiento en refrigeración denotó 6% de reducción de luminosidad inicial a partir del día 3 de almacenamiento, lo que se tradujo en un oscurecimiento del color, ya que la luminosidad inicial de los frutos de ciruela mexicana se encontraba entre valores de 53 y 55 unidades (Figura 15).

Por otro lado, para el almacenamiento a 25 °C, la disminución de luminosidad es mayor para RCBPC 25°C, la cual fue de 4% al día 3 de almacenamiento. No obstante, en el día 9 de almacenamiento, todos los tratamientos se ubicaron entre 50 y 48 unidades de luminosidad y posteriormente continuó la tendencia de oscurecimiento, la cual hasta el día 15 de almacenamiento fue de aproximadamente 3.8% mayor para los frutos SR y RCBPC almacenados ambos a 25 °C, para finalmente al día 18, RCBPC en ambas temperaturas de almacenamiento mantener 22% de la luminosidad inicial. Álvarez-Vargas *et al.* (2017) estimaron 43.93 unidades de luminosidad, valor que se ubica por debajo del enunciado en este proyecto. Mientras que, Villareal *et al.* (2019) menciona que para frutos de ciruela mexicana, la luminosidad se ubica entre 26.5 y 69.96 ya que dichos frutos van en coloraciones de verde, amarillo y rojo durante su proceso de maduración, hecho que corresponde a lo reportado para este trabajo. Finalmente el efecto de los recubrimientos en el brillo de las ciruelas mostró efecto negativo los primeros días de almacenamiento, pero a partir del día 9 de almacenamiento, los frutos RCBPC en ambas temperaturas mantuvieron por más tiempo la luminosidad, la cual es un factor determinante de la calidad hortícola.

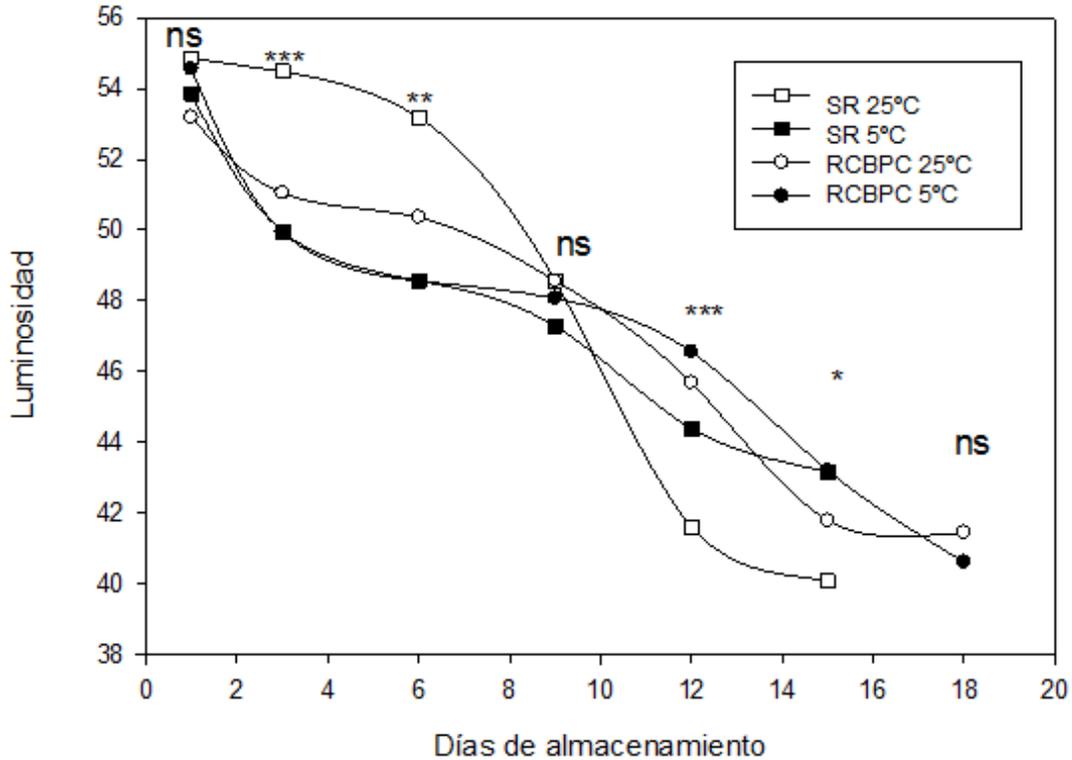


Figura 15. Luminosidad en frutos de *Spondias purpurea*, bajo dos temperaturas de almacenamiento. Donde SR= sin recubrimiento, RCBPC= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Cissus*, además 25 °C representa la temperatura de almacenamiento, 5°C representa la temperatura de almacenamiento por 6 días y posteriormente almacenamiento final a 25°C, *= significativo a 0.05, ** = significativo a 0.01 y *** = significativo a 0.001.

7.3.3.6.2. Croma

En general, el croma o tono del fruto aumento al paso del periodo de almacenamiento, lo que se tradujo en un cambio de coloración de verde a naranja. Además, la aplicación de recubrimientos y la temperatura inhibió el viraje de color respecto a SR. Sin embargo, cuando los frutos SR 5°C y RCBP 5°C fueron

expuestos a 25°C (día 6) se observó que para los SR, el aumento en el croma es muy notorio, de tal modo que incluso el día 9 alcanza el valor de los RCBPC 25°C con 45 unidades de color. Lo anterior muestra aumento en el proceso de senescencia, sin embargo los valores de RCBPC en ambas temperaturas el proceso de oscurecimiento debido al croma se mantiene constante pero con valores por debajo a los frutos SR almacenados a 25 °C temperaturas (Figura 16). Mientras que RCPBC 5 °C mostró los valores más bajos de cromaticidad lo que pudiera deberse a daño por frío, esto de acuerdo a lo mencionado por Pereira *et al.* (2003) quienes afirman que en almacenamiento de 5 a 8°C, las ciruelas mexicanas manifiestan daños por frío. Asimismo García-González *et al.* (2016) determinaron que los frutos de *Spondia* almacenados a temperatura ambiente presentan valores de croma (C*) entre 25 y 33 y después de 8 días, los valores se incrementaron entre 53.8 y 66; pero que al ser almacenados a 5 °C por 5 o 10 días en cualquier etapa de maduración no alcanzan los valores de cromaticidad de los frutos que no son refrigerados, efecto similar a lo observado en esta investigación.

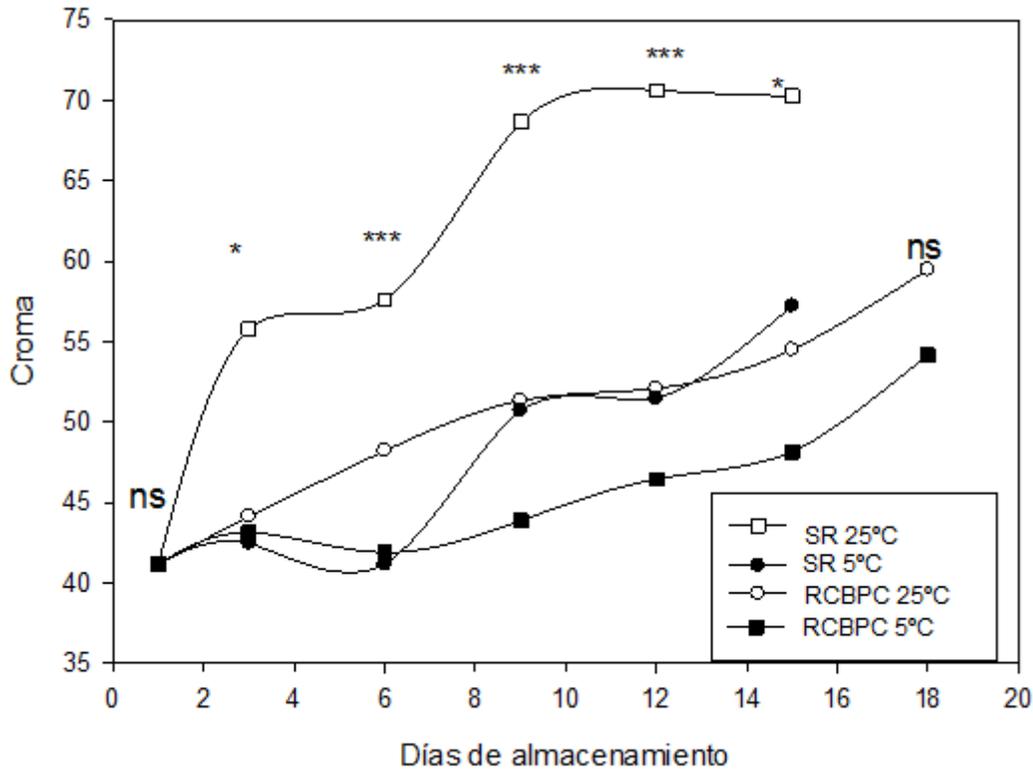


Figura 16. Cromaticidad en frutos de *Spondias purpurea*, bajo dos temperaturas de almacenamiento. Donde SR= sin recubrimiento, RCBPC= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Cissus*, además 25°C representa la temperatura de almacenamiento, 5°C representa la temperatura de almacenamiento por 6 días y posteriormente almacenamiento final a 25°C, *= significativo a 0.05, ** = significativo a 0.01 y *** = significativo a 0.001.

7.3.4. Conclusiones

La aplicación de recubrimientos comestibles a base de pectina de tejocote con aceite de semilla de vid silvestre más extracto de hojas de *Cissus tiliacea* incrementan 3 días el almacenamiento para ambas temperaturas, limitando la tasa

de pérdida de peso, firmeza y respiración, además de mejorar el desarrollo de sólidos solubles totales, manteniendo la luminosidad por más tiempo.

Por consiguiente el uso de esta cobertura comestible es recomendable para prolongar la vida útil de ciruela mexicana.

7.4. Recubrimiento comestible aplicado a *Prunus serotina*.

7.4.1. Introducción

El capulín es un fruto de clima templado que se consume en fresco y es muy perecedero, lo que los vuelve susceptible a desarrollar enfermedades durante el transporte y almacenamiento, en su mayoría causadas por hongos, produciendo pérdidas comerciales. Pérez-Mendoza *et al.* (2008) recomiendan que en México, se integre *Prunus serotina* (Kunth) a la economía nacional, como recurso forestal. Del mismo modo, Páez-Reyes *et al.* (2013) sugieren que el capulín tiene potencial económico y aseveran que es necesario impulsar su manejo y comercialización en sus diferentes aspectos como fruto, semilla y sus posibles manejos alternativos, ya que sus frutos son susceptibles a sufrir daño por hongos. Aunado a esto, la escasez de conocimientos técnicos relacionados con el cultivo de capulín y la inexistente información con respecto a su manejo poscosecha, dan origen a esta investigación como alternativa para revalorar y mejorar su aprovechamiento, mejorando su vida de anaquel.

Ahora bien, considerando la idea de la revalorización e inserción en la economía de los frutos de capulín, es de importancia discurrir que son productos perecederos, susceptibles al ataque de microorganismos antes o después de la cosecha y durante su almacenamiento. Se ha observado la presencia de hongos fitopatógenos, como *Penicillium* (Link), género cosmopolita que puede desarrollarse a temperaturas de refrigeración y por ende aparece en alimentos refrigerados.

Algunas de las características de este patógeno son los conidios de la penicilia de color gris a azul o azul verdoso, la producción de micotoxinas, que se

distribuyen con facilidad y pueden llegar a ser perjudiciales, aún en concentraciones muy bajas, lo cual representa un fuerte riesgo para la salud del consumidor (Anguiano, 2012).

Hay una serie de especies importantes de *Penicillium*, entre los que se ubica *P. expansum* que causa podredumbre de frutas, especialmente manzanas, y produce la toxina patulina (Anguiano, 2012). *P. digitatum*, con conidios de color verde, causa pudrición suave de los cítricos, generalmente a temperatura ambiente; mientras que *P. italicum*, que tiene esporas azules, causa pudrición suave de los cítricos a temperaturas refrigeradas (Bullerman, 2003).

No obstante, en México se carece de la detección oportuna de sustancias tóxicas producidas por hongos fitopatógenos en frutas, lo cual representa un posible riesgo para la salud del consumidor (Lagunes y Trigos, 2006), por lo que se considera importante generar información relacionada con la inhibición del crecimiento microbiano en frutos mínimamente procesados.

7.4.2. Materiales y Métodos

El uso de los recubrimientos está ligado a la investigación del capítulo 3 de este documento. Es por ello que la metodología de aplicación y evaluación de los recubrimientos a base de pectina y extractos de *Cissus* y *Vitis* fue la ya mencionada, además de medir el porcentaje de infestación de *Penicillium* de los fruto durante el proceso de almacenamiento.

7.4.3. Resultados y discusión

7.4.3.1. Cinética de peso fresco

Los frutos de capulín son sensibles a la pérdida de peso alcanzando niveles de más de 30% a los dos y tres días de almacenamiento bajo condiciones ambientales, esto debido a la transpiración del fruto durante el almacenamiento (Páez-Reyes *et al.*, 2013). En la Figura 17 se observa que los recubrimientos fueron efectivos reduciendo la pérdida de peso a partir del día 3 de almacenamiento en frutos de capulín. Incluso, RCBPC y RCBPV evidencian 20% y 10% menos pérdida de peso con respecto a SR, por lo que al reducir estas pérdidas, mantiene la calidad, condiciones que según Dhall (2013) son prioridad para los productores de frutas. En este contexto, Valdés *et al.* (2015) determinaron que las coberturas comestibles de pectina baja en metoxilo y aceite de girasol mejoran la resistencia al vapor de agua, previniendo la deshidratación y manteniendo la firmeza inicial durante el almacenamiento. Sin embargo cabe mencionar que, en este experimento, el uso de recubrimientos comestibles a base de pectina no aumentó la vida de anaquel en frutos de capulín.

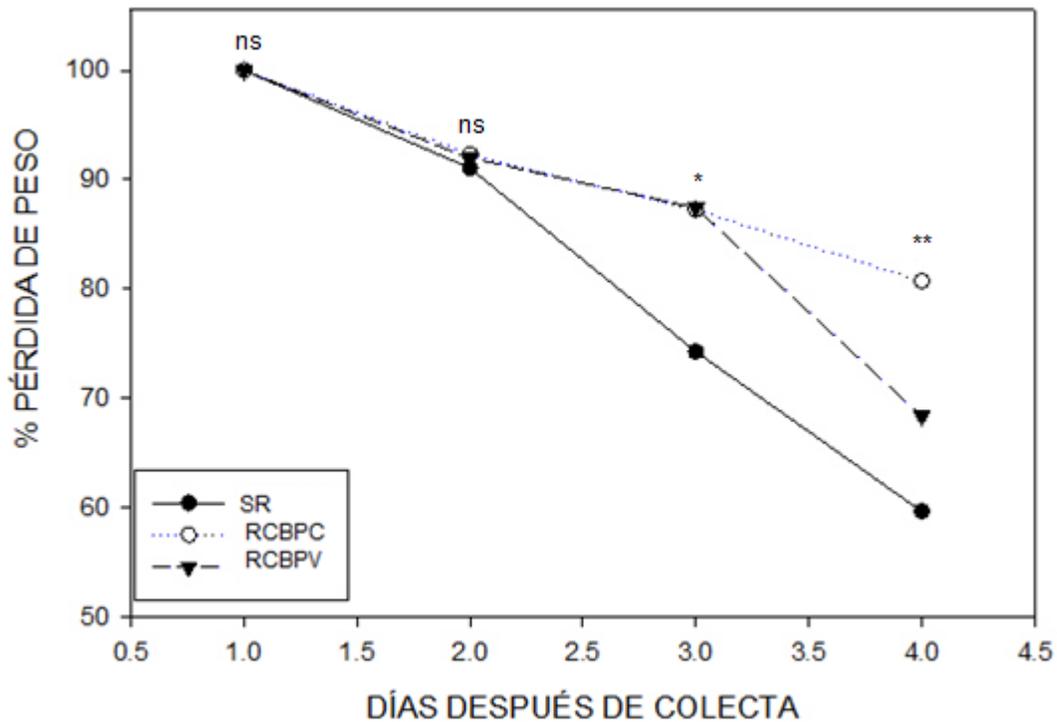


Figura 17. Tasa de pérdida de peso en frutos de *Prunus serotina*, bajo dos temperaturas de almacenamiento.

Donde SR= sin recubrimiento, RCBPC= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Cissus*, RCBPV= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Vitis*.

7.4.3.2. Firmeza

En cuanto a la textura, se resalta que la aplicación de recubrimientos comestibles en frutos de capulín no muestra ninguna diferencia ya que en todos los tratamientos la disminución de firmeza es del 50% al día cuatro de almacenamiento; sin embargo cabe resaltar que SR y RCBPC muestran la misma tendencia de pérdida de firmeza durante todo el proceso de almacenamiento, mientras que para RCBPV la

disminución en la firmeza se da a partir del día dos de almacenamiento (Figura 18). De igual forma a lo reportado en el capítulo 7.2, se observó que frutos SR disminuyen la firmeza hasta un 70% del peso inicial, mientras que los recubrimientos inhiben la pérdida de firmeza hasta 40% del valor inicial. Para tihuixocote y cruela mexicana el mejor efecto se observó con la aplicación de RCBPC, lo que contrasta con lo encontrado en capulín. Estudios como el de Cruañes y Locaso (2011) muestran que para frutos tipo Berry en lo referente a firmeza, el recubrimiento no muestra diferencia con respecto a frutos sin tratamiento lo que corresponde con nuestro trabajo.

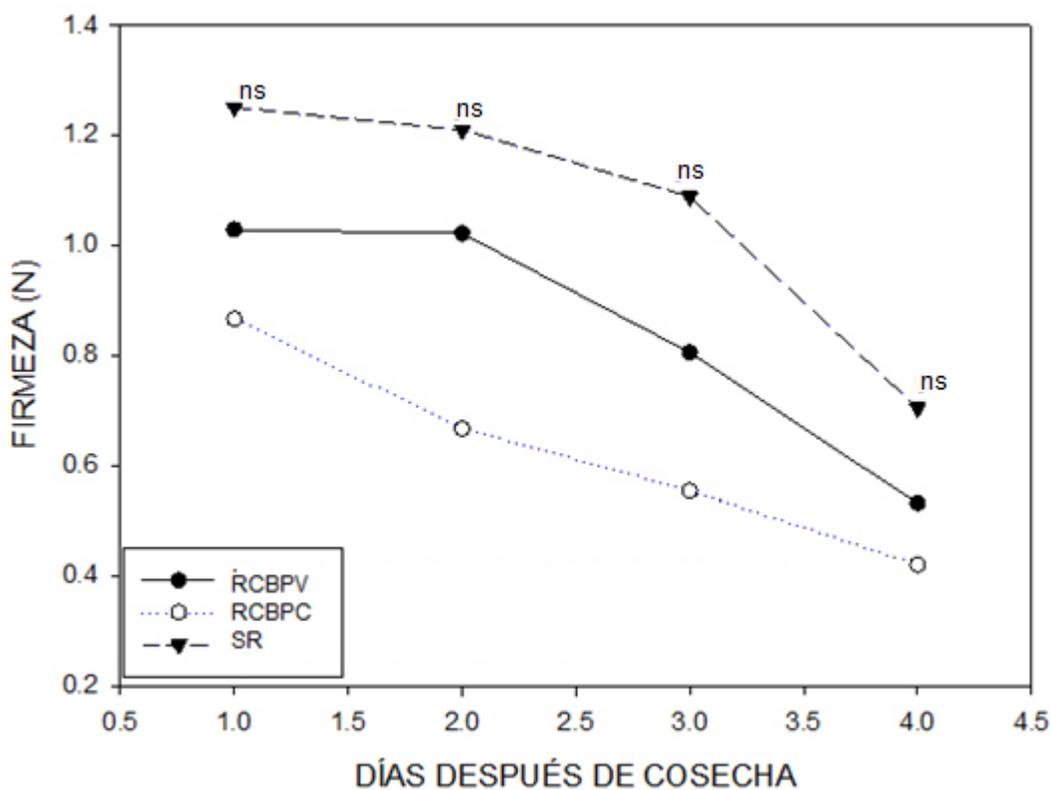


Figura 18. Firmeza en frutos de *Prunus serotina*, bajo dos temperaturas de almacenamiento.

Donde SR= sin recubrimiento, RCBPC= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Cissus*, RCBPV= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Vitis*.

7.4.3.3. Color

Los valores medios del color para croma manifiestan que los frutos con RCBPC tiene menor pérdida de la cromaticidad durante el proceso de almacenamiento de capulín, mientras que la mayor pérdida de cromaticidad se da en frutos SR. Sin, embargo, al día cuatro de almacenamiento, los frutos RCBPV y SR presentan la misma cromaticidad correspondiente a 3, mientras que los frutos RCBPC presentan valor de croma ligeramente superior con alrededor de 3.5 para el mismo día.

Por otro lado, la misma tendencia se observó en el parámetro b de color, sin embargo al día cuatro de almacenamiento todos los tratamientos se ubican en 1, lo que indica que no hay diferencias en cuanto a parámetro b entre tratamientos (Figura 19).

Algunos autores han reportado la conservación del color de los frutos durante el almacenamiento, utilizando recubrimientos comestibles. Raybaudi-Massilia *et al.* (2008), en melón y Mantilla *et al.* (2012) en piña (*Annanas comusus* L.). Por su parte, Cedillo-López *et al.* 2016 mencionan que para croma en frutos de capulín los valores van de 7.98 a 3.34, y continúan indicando que para el parámetro b, la tendencia es hacia el color amarillo con valores de 1.63 a 4.15. En este trabajo los valores de b fluctuaron de 1 a 3 mientras que para el croma fueron de de 5.5 a 3, lo que muestra que el uso de recubrimientos comestibles a base de pectina y extractos vegetales no modifica sustancialmente el color de los frutos de capulín.

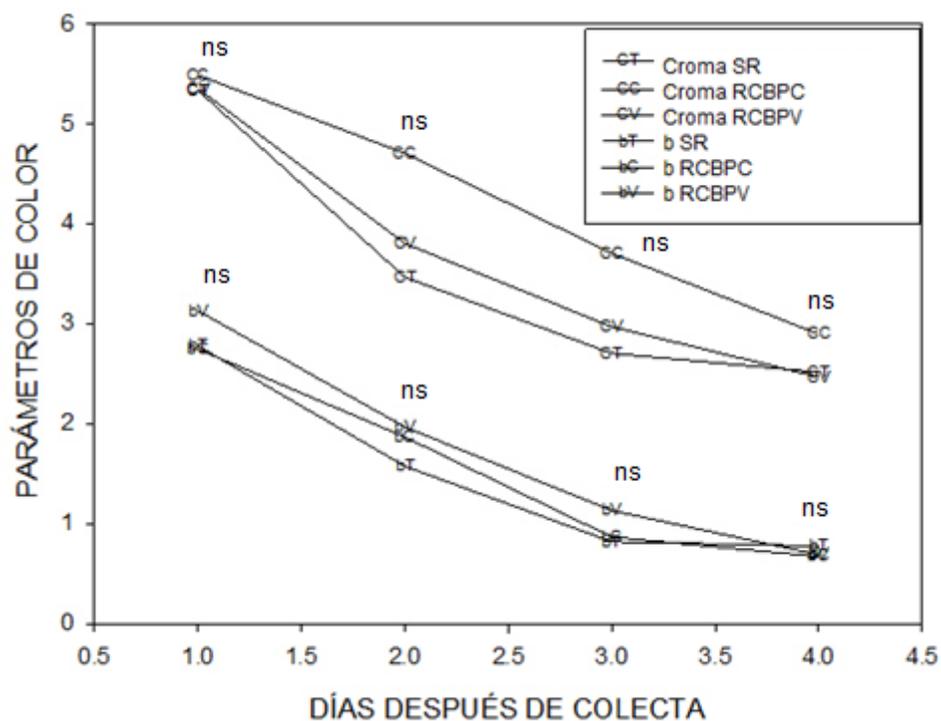


Figura 19. Parámetros de color en frutos de *Prunus serotina*, bajo dos temperaturas de almacenamiento.

Donde SR= sin recubrimiento, RCBPC= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Cissus*, RCBPV= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Vitis*, b= parámetro b de color, Croma= parámetro C de la escala Cielab de color.

Cedillo-López *et al.* (2016) mencionan que la luminosidad de capulín varía de 34.30 a 35.42, mientras que el parámetro a de color en capulín va de 7.82 a 12.68, lo que indica la presencia de coloraciones rojas. Por otro lado, Robles *et al.* (2013) encontraron que utilizando recubrimiento comestible con antioxidantes, al final del almacenamiento las muestras solo perdieron 2.5% de su valor inicial de luminosidad en comparación con una pérdida del 7% en las muestras que no tenían

recubrimiento comestible. Efecto similar se muestra para este trabajo ya que RCBPC es el que mantiene por más tiempo la luminosidad, efecto similar se presenta en el parámetro a donde RCBPC se ubica ligeramente por encima de los demás tratamientos.

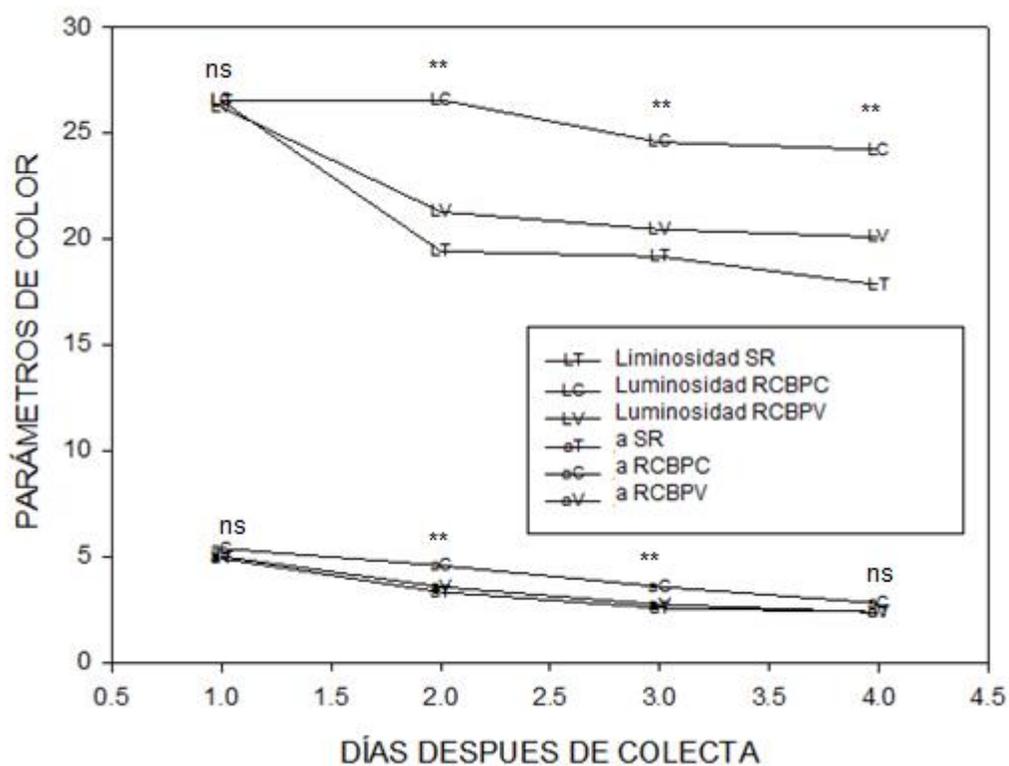


Figura 20. Luminosidad y parámetro a de color en frutos de *Prunus serotina*, bajo dos temperaturas de almacenamiento.

Donde SR= sin recubrimiento, RCBPC= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Cissus*, RCBPV= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Vitis*, a= parámetro a de color, L= luminosidad.

7.4.3.4. Crecimiento microbiano

Aunque se determinó la presencia de *Penicillium* sp. en los frutos de los tres tratamientos, existió diferencia en el porcentaje de infección a los 3 días de almacenamiento a 25°C; los frutos RCBPC presentaron aproximadamente 10% de infección, mientras que SR presentaron 70% al día 4 de almacenamiento (Figura 21). Otros autores han reportado reducción del deterioro fúngico causado por *Alternaria alternata* con el uso de recubrimiento de pectina sobre tomate fresco (Rodríguez-García, 2013). Mientras que Charas *et al.* (2015) demostraron que los extractos vegetales de *Cissus quadrangularis* L., inhiben la presencia de *Staphylococcus aureus*. Del mismo modo, Apolonio-Rodríguez *et al.* (2017) mencionan que los extractos de vegetales de *Vitis* inhiben el crecimiento de *Botrytis*, esto aunado a la aplicación de aceite de *Vitis* en los recubrimientos comestibles puede ser una opción para proveer efecto antimicrobiano a éstos.

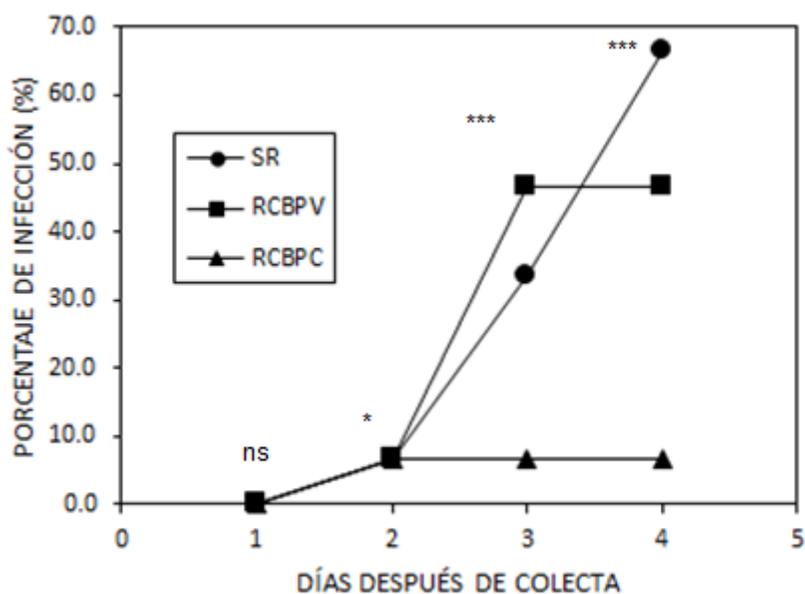


Figura 21. Porcentaje de infección por *Penicillium* en frutos de *Prunus serotina*, bajo dos temperaturas de almacenamiento.

Donde SR= sin recubrimiento, RCBPC= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Cissus*, RCBPV= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Vitis*.

Penicillium es un género extendido que es importante debido a que contamina amplia variedad de alimentos entre ellos frutos comestibles, con la característica de crecer a temperaturas de refrigeración. Por lo tanto, a menudo estropea alimentos refrigerados. Los conidios de la penicilia son de color, pero principalmente en tonos de gris a azul a azul verdoso. Hay una serie de especies importantes de *Penicillium*, entre los que se ubica *P. expansum* que causa podredumbre de frutas, especialmente manzanas, y produce patulin, asimismo. *P. digitatum*, con conidios de color verde, causa pudrición suave de los cítricos,

generalmente a temperatura ambiente, mientras que *P. italicum*, que tiene esporas azules, causa pudrición suave de los cítricos a temperaturas refrigeradas (Bullerman, 2003).

De la misma forma como resultado de este estudio, se hace referencia a la caracterización de los aislamientos a partir de los frutos de infectados de todos los tratamientos, con vista a la identificación de la especie fungosa incidente en los frutos de capulín; observándose que los aislamientos RCBPC, RCBPV y SR, manifestaron un comportamiento similar en el medio donde se cultivaron (Agar papa dextrosa). En las placas con cultivos incubadas a 25°C, en el anverso produjeron colonias de crecimiento rápido y de color verde grisáceo, a menudo, con una zona radial con bordes regulares de color blanco, los que llegaron a tornarse verde grisáceo con la producción de los conidios. También, el crecimiento de una estructura de color azul que indicaba las características propias del *Penicillium* mismo que consiste en las formas de pincel o escoba con la coloración azul que se percibe en la Figura 22 de lado derecho, es decir, cabezas conidiales asimétricas, ramificadas, alargadas y con largas cadenas de conidios. Por otra parte, presentaron conidióforos peniciliados con fialides, lisos, moderadamente largos, características que coinciden con lo expuesto CABI (2003) para la especie *Penicillium*. Por otra parte se observan los frutos de capulín infectados por *Penicillium* para cada tratamiento; donde se percibe de manera clara que para SR el daño causado por dicho patógeno es mayor en el fruto con respecto a RCBPC, mientras que para RCBPV se observa que el daño es moderado en comparación con los frutos SR.

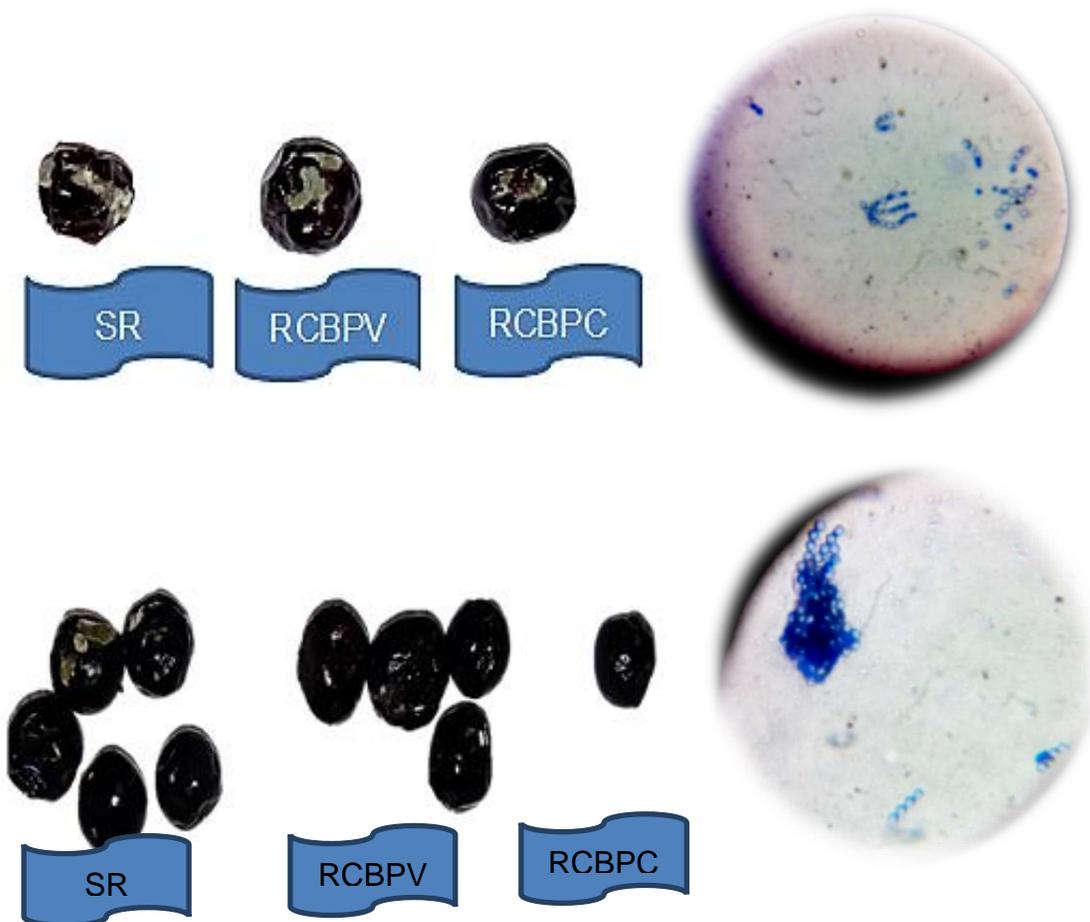


Figura 222. Imagen al microscopio de *Penicillium* presente en frutos de *Prunus serotina*, bajo dos temperaturas de almacenamiento.

Donde SR= sin recubrimiento, RCBPC= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Cissus*, RCBPV= recubrimiento comestible a base de pectina con extracto de *Vitis*.

7.4.4. Conclusión

Los resultados de este trabajo sugirieron que el empleo de esta cobertura natural no constituye una alternativa para el aumento de vida de anaquel de capulines, sin embargo, el recubrimiento evidenció inhibición microbiana característica que lo vuelve una estrategia potencial para evitar las pérdidas por podredumbres en postcosecha de capulín fresco, pero es necesario continuar la investigación. Esto motiva la búsqueda de alternativas naturales para prolongar la vida comercial de frutos silvestres como el capulín que se consumen en fresco y que además son muy perecederos lo que los vuelve susceptibles al desarrollo de enfermedades durante el transporte y almacenamiento, en su mayoría causadas por hongos, produciendo pérdidas comerciales.

7.5. Composición y contenido de aceite de *Cissus* y *Vitis*

7.5.1. Factores que afectan el contenido y extracción

En diversas especies entre ellas *Cissus* y *Vitis*, el contenido de aceite puede ser variable debido a la influencia de algunos factores, entre ellos, los edafoclimatológicos del lugar donde crece dicha especie Baydar *et al.* (2007) y el método de extracción. Es así que lo encontrado para este estudio dependiendo de la época de colecta en *Cissus* y según la especie fue el contenido de aceite, mostrando así que para *C. verticillata* la mejor época para la extracción de aceite es en septiembre, mientras que para *C. tiliacea* la mejor cosecha para aceite se da en el mes de agosto, ambos de 2017 (Tabla 4). Para diversas especies de vitáceas el contenido de aceite se ubica alrededor del 6 al 23% según Da Porto *et al.* (2013) y Yousefi *et al.* (2013), especialmente para *Vitis* la cual contiene ácidos grasos insaturados, principalmente ácido linoléico, palmítico, esteárico y oleico, además de otros compuestos como antioxidantes, ácidos fenólicos y proantocianidinas (Prado *et al.*, 2012), lo que corresponde con lo determinado en este estudio para las especies de *Cissus verticillata* y *Vitis* sp., ya que el contenido de aceite fluctuó entre 6.3 y 20.6%. Del igual modo, con respecto a la composición del aceite ya que es similar a lo reportado para especies de vitáceas, aunque para el caso de *C. tiliacea* no se registra la presencia de ácido esteárico (Tabla 5), además de contrastar con

lo reportado por Franco-Mora *et al.* (2016), quienes afirman que *C. tiliacea* tiene 37% de aceite, del cual los ácidos linoleico (54%), oleico y palmítico (18% cada uno) son los principales ácidos, pues para este estudio el contenido de ácido linoleico es superior en 2 y 5% para *C. tiliacea* y *C. verticillata* respectivamente, mientras que el ácido palmítico en este estudio es de 3 a 5% superior y finalmente para el caso de ácido oleico solo se presenta en *C. verticillata* como trazas por lo que no forma parte de los mayoritarios.

Tabla 4. Porcentaje de aceite de semilla de *Cissus*

Colecta	<i>Cissus verticillata</i> (%)	<i>Cissus tiliácea</i> (%)
Agosto	7.05	20.29
Septiembre	20.60	15.43
Octubre	6.29	12.62

Tabla 5. Contenido de ácidos grasos en aceite de semilla de *Vitis* y dos especies de *Cissus*

Ácidos Grasos	<i>Cissus verticillata</i> (%)	<i>Cissus tiliácea</i> (%)	<i>Vitis</i> (%)
Ácido Linoléico	57.6	59.2	60
Ácido Oleico	Trazas	-	16
Ácido Palmítico	21.1	24.9	8
Ácido Esteárico	12.9	-	4
Ácido 12-Tridecenoico	-	15.9	-
Ácido Eicosadienoico	8.3	-	-
Ácido Linolenico	-	-	4

VIII. DISCUSIÓN GENERAL

El presente trabajo busca amalgamar los conocimientos sobre diversas especies frutales nativas poco estudiadas de la zona central de México y sus propiedades potenciales que pueden usarse en postcosecha. En este sentido, se estudiaron dos especies de *Cissus* para su uso en recubrimientos comestibles aplicados a frutos silvestres.

La aplicación de los recubrimientos estudiados permitió reducir la pérdida de calidad postcosecha de ciruela mexicana y tihuixocote, reduciendo la deshidratación, el ablandamiento y la incidencia de desórdenes fisiológicos que afectan a la pulpa de estos frutos. La información obtenida en el presente documento permite trazar, en líneas generales, el comportamiento de los recubrimientos comestibles a base de pectina de tejocote y extractos vegetales de vitaceas en la calidad postcosecha de frutos silvestres con potencial de comercialización a partir de cambios en su composición. Pero se requiere hacer más investigación para optimizar la composición de estos. En futuras investigaciones se recomienda contemplar la caracterización químico-estructural de dichos recubrimientos.

IX. CONCLUSIÓN GENERAL

Recientemente se ha realizado mucho trabajo para proponer nuevas formulaciones de recubrimientos comestibles para aplicar en la protección de frutas, mantener sus características organolépticas y nutricionales, así como extender la vida útil.

De tal modo que en esta investigación se ratificó que la refrigeración por sí sola aumenta la vida poscosecha de los frutos de tihucocote y ciruela mexicana, no obstante puede ser causal de daños por frío en los frutos de ciruela mexicana. Por ello, el uso de recubrimientos comestibles a base de pectina de tejocote con aceite de semilla de vid silvestre más extracto de hojas de vid o de *Cissus tiliacea* resulta ser una alternativa para prolongar hasta por tres días la vida de anaquel en frutos de tihucocote y ciruela mexicana inhibiendo daño por frío durante su almacenamiento a 5°C. Aunado a esto, el recubrimiento comestible con extracto de hojas de *Cissus tiliacea* limitó la tasa de pérdida de peso y firmeza, en todas las especies empleadas en este trabajo, por lo que el uso de coberturas comestibles a base de pectina de tejocote y aceite de semilla de vid silvestre es recomendable para prolongar la vida útil de frutos silvestres.

Además para el caso específico de *Spondia purpurea* se inhibe significativamente la respiración lo que puede considerarse como un efecto positivo del recubrimiento ya que las frutas climatéricas incrementan marcadamente su ritmo respiratorio y producción de etileno durante la maduración organoléptica, los que se asocia con el desarrollo de color, sabor, aroma, textura, parámetros que pueden ser afectados modificando la respiración. Por otro lado para el caso de *P.*

serotina se observó 90% y 50% de inhibición en el desarrollo microbiano de *Penicillium* para RCBPC y RCBPV respectivamente.

En consecuencia se puede concluir que el uso de recubrimientos comestibles a base de pectina de tejocote y extractos de *Cissus* y *Vitis* es una alternativa para el incremento en la vida de anaquel de frutos.

Finalmente y a pesar del hecho de que estudios recientes han reportado mejoras significativas en aplicaciones específicas de estas formulaciones, todavía hay mucho trabajo por realizar, ya que algunas de las mejoras más notables aún no se logran a gran escala.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmed, I., Lin, H., Zou, L., Brody, A., Li, Z., Ihsan, M., Tushar, Q., Pavase, R., Liangtao, L. (2017). A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods. *Food Control*, 82: 163-178. Doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.06.009

Alia-Tejacal, I., Astudillo-Maldonado, Y. I, Núñez-Colín, C. A., Valdez-Aguilar, L. A., Bautista-Baños, S., García-Vázquez, E., Ariza-Flores, R., Rivera-Cabrera, F. (2012). Caracterización de frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) del sur de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35, 21-26.

Almal, S. H., Atress, El-Mogy, M. M., Aboul-Ananen, H. E. y Alsanius, B. W. (2010). Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of tymol or calcium chloride. *Journal of Horticulturl Sciencie and Ornamental Plants*. 2(3): 88-97.

Alvarez, V. M., Ponce, G. A., Moreira, M. R. (2013). Antimicrobial efficiency of chitosan coating enriched with bioactive compounds to improve the safety of fresh cut broccoli. *LWT - Food Science and Technology* 50: 78-87

Álvarez-Vargas, J. E., Alia-Tejacal, I., Chavez-Franco, S. H., Colinas-León, M. T., Nieto-Ángel, D., Rivera-Cabrera, F., Aguilar-Pérez, L. A. (2017). Ciruelas mexicanas (*Spondias purpurea* L) de clima húmedo y seco: calidad, metabolitos funcionales y actividad antioxidante. *Interciencia*. 42(10): 653-660.

Andres, A. J., Soto, M., Famiani, F., Cruz-Castillo, J. G. (2017). In situ characterization of fruits and seeds of a number of white sapote (*Casimiroa edulis* LLave & Lex.) accessions in Mexico. *HortScience*. 52:1849-1852. Doi: 10.21273/HORTSCI12432-17.

Anguiano, C. J. (2012). Contaminación por hongos filamentosos en manzana: amenaza para la salud y la economía. *Cienciacierta*. 31.

Apolonio-Rodríguez, I., Franco-Mora, O., Salgado-Siclan, M. L., Aquino-Martínez, J. G. (2017). Inhibición in vitro de *Botrytis cinerea* con extractos de hojas de vid silvestre (*Vitis* spp.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 35: 170-185.

Appel, K. M. (2003). *Maya medicine. Traditional healing in Yucatan*. University of New Mexico Press, USA.

ASTM (American Society for Testing and Materials). (2015). *Standard Guide for Writing a Specification for Flexible Barrier Rollstock Materials F99-07*, ASTM International, West Conshohocken, P. A.

Ayala-Zavala, J. F., Silva-Espinoza, B., Cruz-Valenzuela, M., Leyva, J., Ortega-Ramirez, L., Carrasco-Lugo, D. (2013). Pectin-cinnamon leaf oil coatings add antioxidant and antibacterial properties to fresh cut peach. *Flavour Fragrance Journal*, 28: 39- 45.

Ayranci, E., y Tunc, S. (1997). Cellulose based edible films and their effects on fresh beans and strawberries. *Zeitschrift fuer Lebensmittel-Untersuchung und Forschung A*. 205: 470-473.

Baldwin, E. A., Hagenmaier, R., Bai, J. (2011). *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. CRC Press—Taylor & Francis Group, New York.

Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. O., and Baker, R. A. (1995). Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *HortScience* 30: 35–38.

Baños, B. S., López, H. M., Sánchez, G. D., Alia, T. I. (2006). Influencia del recubrimiento con quitosano y la temperatura de almacenamiento en la calidad

postcosecha y niveles de infección en la ciruela Mexicana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 7(2): 114-121.

Barba, A. M. D., Hernández, D. M. C., Cerda, L. M. (2003). Plantas útiles de la región semiárida de Aguascalientes. UAA. Aguascalientes.

Barco, P., Burbano, A., Mosquera, S., Villada, H., Navia, D. (2011). Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Revista Lasallista Investigación* 8: 96-103.

Basiak, E., Lenart, A., Debeaufort, F. (2016). Effects of carbohydrate/protein ratio on the microstructure and the barrier and sorption properties of wheat starch-whey protein blend edible films. *Journal of Food Science and Agriculture*, DOI:10.1002/jsfa.7807.

Bautista-Baños, S., Díaz, P. J. C., Barrera, N. L. L., Bravo, L. L. (2003). Postharvest study of red-mombin (*spondias purpurea*) fruit during storage. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 5(2): 82-85

Bello-Lara, J. E., Balois-Morales, R., Juárez-López, P., Alia-Tejagal, I., Valdivia, P. C. B., Jiménez-Zurita, J. O., Sumaya-Martínez, M.T., Jiménez, R. E. I. (2016). Coatings based on starch and pectin from 'Pear' banana (*Musa ABB*), and chitosan applied to postharvest 'Ataulfo' mango fruit. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 22: 209-218.

Beltran-Melgarejo, A., Vargas-Mendoza, M. C., Pérez-Vázquez, A., García-Albarado, J. C. (2014). Thermal confort of Green roofs with *Cissus verticillata* (Vitaceae) in tropical rural dwellings. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9, 1551-1560. Doi:10.29312/remexca.v0i9.1047.

Bosquez Á., M. V., Ortega, L. A., Gutiérrez, M. M., Bernal, A. T., Rodríguez, I., González, G. A. y Ayala, J. F. (2014). Oregano essential oil-pectin edible films as anti-quorum sensing and food antimicrobial agents. *Frontiers in Microbiology*, 5: art 699.

Bosquez–Molina, E., Ronquillo–de Jesús, E., Bautista–Baños, S. Verde–Calvo, J.R., and Morales–López, J. (2010). Evaluation of the inhibitory effect of essential oils against *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* in stored papaya fruit and their possible application in coatings. *Postharvest Biology and Technology* 57:132–137.

Braddock, R. J. (1995). Byproducts of citrus fruits. *Food Technol.*, 49: 74–77.

Brasileiro, MT, Egito, MA, Randau, KP, Pereira GC, Neto, PJR, Lima, JR. (2008). *Ximenia americana* L: botânica, química e farmacologia no interesse da tecnologia farmacêutica. *Revista Brasileira Farmacognosia* 89: 164-167.

Bullerman, L. B. (2003). SPOILAGE Fungi in Food An Overview in *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*.

CABI. (2003). Seed-borne disease. In: *Crop protection compendium*. (cd-rom). CAB International, UK.

Cagri, A., Ustunol, Z. and Ryser, E. T. (2004). Antimicrobial edible films and coatings. *Journal of Food Protection*, 67, 833-848.

Campos, C. A., Gerschenson, L. N. and Flores S. K. (2011). Development of edible films and coatings with antimicrobial activity. *Food Bioprocess Technology*. A: 849-875.

Canul-Balam, C. A. (2013). Manejo de plantaciones de ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.) en el Camino Real, Campeche, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Campeche, 51 pags

Carreño, J., Martínez, A., Almela, L., Fernández-López, J. A. (1996). Measuring the color of table grapes. *Color Research & Application*, 21, 50-54. Doi: 10.1002/(SICI)1520-6378(199602)21:1<50::AID-COL5>3.0.CO;2-4.

Cedillo-López, D. C., Soriano-García, M., Beltrán-Orozco, M. C. (2016). Pomological and nutritional properties of two capulín fruit varieties (*Prunus serótina* Ehrh. Subsp. Capulí (CAV. Mc. Vaugh) grow in Mexico. *Revista electrónica Humanidades Tecnología y Ciencia del IPN*. 15: 1-6.

Chaisawang, M., Supphantharika, M. (2005). Effects of guar gum and xanthan gum additions on physical and rheological properties of cationic tapioca starch. *Carbohydrate Polymers*, 61: 288-295.

Chang, Y, Cheah, P., Seow, C. (2000). Plasticizing-antiplasticizing effects of water on physical properties of tapioca starch films in the glassy state. *Journal Food Science*, 65:445-451.

Charas, D., I. F., Nhambirre, A., Bata B. O., Mota, C. J. M., Celeita, R. N. y López, C. B. S. (2015). *Cissus quadrangularis* (Linn) (Uva Velve) y *Phyllanthus reticulatus* Poir (Linn) (Pancolin) en la cicatrización de heridas. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20 (3): 348- 357.

Chen, I., Manchester, S. R. (2011). Seed morphology of Vitaceae. *International Journal of Plant Sciences*, 172, 1-35. Doi: 10.1086/657283.

Chillo, S., Flores, S., Mastromatteo, M., Conte, A., Gerschenson, L., & Del Nobile, M. A. (2008). Influence of glycerol and chitosan on tapioca starch-based edible film properties. *Journal of Food Engineering*, 88: 159-168.

CONAGUA Comisión Nacional del Agua. Servicio Meteorológico Nacional. (2019). Reporte del clima en México. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Diagn%C3%B3stic0%20Atmosf%C3%A9rico/Reporte%20del%20Clima%20en%20M%C3%A9xico/RC- Mayo18.pdf>

Correa-Betanzo, J., Jacob, J.K., Perez-Perez, C., Paliyath, G. (2011). Effect of a sodium caseinate edible coating on berry cactus fruit (*Myrtillocactus geometrizans*) phytochemicals. *Food Research*, 44: 1897–1904.

Cortez-Madrigal, H., Lomeli-Flores, J. R., Valdez-Carrasco, J., García-Ruiz, I. (2012). Chalcids (Hymenoptera: Eurytomidae) in Vitaceae seeds of Mexico. *Southwestern Entomologist*, 37, 361-368. Doi: 10.3958/059.037.0312

Cruz, A. D., Oviedo, P. R. (2008). Sobre la presencia de *Cissus gossypifolia* (Vitaceae) en Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 29, 195-196.

Cruz, L. A., Pita D. A., y Rodríguez H. B. (2012). Jocotes, jobos abales o ciruelas mexicanas. Universidad Autónoma Chapingo. México. 123 p.

Cunha, F. H. A., Alves R. E., Herbster, M. C. F., de Oliveira, A. C., Costa, A. N. C. (2001) Calidad de frutas nativas de latinoamérica para industria: ciruela mexicana (*Spondiaspurpurea* L.) Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 43:68-71.

Da Porto, C., Porretto, E., Decorti, D. (2013). Comparison of ultrasound-assisted extraction with conventional extraction methods of oil and polyphenols from grape (*Vitis vinifera*L.) seeds. *Ultrasonics Sonochemistry*20: 1076-1080.

Da Silva, G. G., De Souza, P. A., De Moraes, P. L.D., Dos Santos, E. C., Moura, R. D., Menezes, J. B. (2008). Caracterização do fruto de ameixa silvestre (*Ximenia americana* L.). Revista Brasileira de Fruticultura. 30: 311-314. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452008000200007>

Da Silva-Leite, E. S. K., Assreuy, M. S. A., Damasceno, E. A. L., Queiroz, G. R. M., Mourão, A. S. P., Pires, F. A., Pereira, G. M. (2017). Polysaccharide rich fractions from barks of *Ximenia americana* inhibit peripheral inflammatory nociception in mice: Antinociceptive effect of *Ximenia americana* polysaccharide rich fractions. Revista Brasileira de Farmacognosia. 27:339-345. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2016.12.001>

De Aquino, A. B., Blank, A. F., De Aquino Santana, L. C. L. (2015). Impact of edible chitosan–cassava starch coatings enriched with *Lippia gracilis* Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (*Psidium guajava* L.) during storage at room temperature. Food Chemistry. 171: 108–116.

Dhall, R. (2013). Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 53(5): 435–450.

Díaz-Pérez, J. (1998). Cambios físico-químicos de ciruela mexicana (*Spondia purpurea* L.) cosechada en dos diferentes estados de madurez. Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha. 1:22-25.

Donhwe, I. G. and Fennema, O. (1994). Edible films and coatings: characteristics, formation, definitions, and testing methods. In: Krochta Jm, Balwin E A, Nisperos-Carreido NO editor. Ebdible coating and films to improve food quality. Lancaster, Pa: Technomic Pub Co. 1-24.

Drobnik, J., Oliveira, A. B. (2015). *Cissus verticillata* (L.) Nicolson and C.E. Jarvis (Vitaceae): Its identification and usage in the sources from 16th to 19th century. *Journal Ethnopharmacol*, 171, 317-329. Doi: 10.1016/j.jep.2015.06.003.

Dussán-Sarria, S., Torres-León, C., Hleap-Zapata, J. I. (2014). Efecto de un recubrimiento comestible y de diferentes empaques durante el almacenamiento refrigerado de mango Tommy Atkins mínimamente procesado. *Información Tecnológica* 25: 123-130.

Espinel Villacres, R. A., Flores, S. K., Gerschenson, L. N. (2014). Biopolymeric antimicrobial films: study of the influence of hydroxypropyl methylcellulose, tapioca starch and glycerol contents on physical properties. *Materials Science Engineering C Mater. Biology Application*, 36: 108–117.

Fadini, A. L., Rocha, F. S., Alvim, I. D., Sadahira, M. S., Queiroz, M. B., Alves, R. M. V., and Silva, L. B. (2013). Mechanical properties and water vapour permeability of hydrolysed collagen–cocoa butter edible films plasticised with sucrose. *Food Hydrocolloids*, 30: 625–631.

Fakhouria, F. M., Martellia, S. M., Caon, T., Velascod, J. I. and Meib, L. H. I. (2015). Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *Postharvest Biology and Technology* 109: 57–64.

Falguera, V., Quintero, J. P., Jiménez, A., Muñoz, J. A., & Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*, 22(6), 292–303. doi:10.1016/j.tifs.2011.02.004

Farias, M. G., Fakhouri, F. M., Piler de Carvalho, C. W. and Ramirez Ascheri, J. L. (2012). Physicochemical characterization of edible starch films with barbados cherry (*Malpighia emarginata* DC). *Quimica Nova*, 35: 546–552.

Fernández, V. D., Bautista, B. S., Fernández, V. D, Ocampo, R. A., García, P. A., Falcón, R. A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 24: 52- 56.

Fernández-Pavía, S. P., Rodríguez-Alvarado, G., Gómez-Dorantes, N., Gregorio-Cipriano, R., Fernández-Pavía, Y. L. (2012). Enfermedades en plantas en el Estado de Michoacán. *Biológicas*, 14, 75-89. Doi: 10.18781/r.mex.fit.1703-9

Ferreira, M. P., Nishijima, C. M., Seito, L. N., Dokkedal, A. L., Lopes-Ferreira, M., Di Stasi, L. C. (2008). Gastroprotective effect of *Cissus sicyoides* (Vitaceae): Involvement of microcirculation, endogenous sulfhydryls and nitric oxide. *Journal Ethnopharmacol*, 117, 170-174. Doi: 10.1016/j.jep.2008.01.008.

Feyssa, D. H., Njoka, J. T., Asfaw, Z., Nyangito, N. M. (2012). Uses and management of *Ximenia americana*, Oleaceae in Semi-arid east Shewa, Ethiopia. *Pakistan Journal of Botany* 44: 1177-1184.

Flores, S., Conte, A., Campos, C., Gerschenson, L. and Del Nobile, M. (2007). Mass transport properties of tapioca-based active edible films. *Journal of Food Engineering*, 81: 580-586.

Flores, S., Famá, L., Rojas, A., Goyanes, S., and Gerschenson, L. (2007). Physical properties of tapioca-starch edible films: Influence of filmmaking and potassium sorbate. *Food Research International*, 40:257–265.

Flores, S., Haedo, A., Campos, C. and Gerschenson, L. (2007). Antimicrobial Performance of Potassium Sorbate Supported in Tapioca Starch Edible Films. *Eur. Food Res. And Technology*, 225: 375-384.

Franco-Mora, O. (2010). Response to postharvest storage and fruit characterization of wild plum (*Ximenia americana* L.) in Mexico. In: 28th International Horticultural Congress. Lisbon, Portugal.

Franco-Mora, O., Aguirre-Ortega, S., González-Huerta, A., Castañeda-Vildózola, A., Morales-Rosales, E. J., Pérez-López, D. J. (2012). Characterization of *Vitis cinerea* Engelm. Ex Millardet fruits from the southern region of the State of Mexico. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59, 1899-1906.

Franco-Mora, O., Morales, P. A. A., Mirelles, V. A. D., Castañeda-Vildózola, A., Sánchez-Pale, J. R. (2016). Searching alternative uses for *Cissus tiliacea* Kunth fruit in Central Mexico: seed oil and fruit liquor. *Genetic Resources and Crop Evolution* 63: 141-149. [https:// doi.org/10.1007/s10722-015-0343-2](https://doi.org/10.1007/s10722-015-0343-2)

Franco-Mora, O., Salomon-Castaño, J., Morales, P. A. A., Castañeda-Vildózola, A., Rubí- Arriaga, M. (2015). Ácidos grasos y parámetros de calidad del aceite de semilla de uva silvestre. *Scientia Agropecuaria* 6: 271-278.

Galus, S., Mathieu, H., Lenart, A., Debeaufort, F. (2012). Effect of modified starch or maltodextrin incorporation on the barrier and mechanical properties, moisture sensitivity and appearance of soy protein isolate-based edible films. *Innovative Food Science Emerging Technologies*, 16:148–154.

Galus, S., Uchański, P. and Lenart, A. (2013). Colour, mechanical properties and water vapour permeability of pectin films. *Acta agrophysica*, 20: 375-384.

García, M. A., A. Pinotti, M. N. Martino, and N. E. Zaritzky. (2004.) Characterization of composite hydrocolloid films. *Carbohydrate Polymer*. 56: 339-345.

García, M. A., Martino, M. N., and Zaritzky, N.E. (2000). Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. *Journal of Food Science*, 65: 941–947.

García, M. D., Saenz, M. T., Puerta, R., Quilez, A., Fernandez, M. A. (1999). Antibacterial activity of *Agave intermixta* and *Cissus sicyoides*. *Fitoterapia*, 70, 71-73.

García, R. G. (2015). *Plantas medicinales de Aguascalientes*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes.

Giannakopoulos, A., Guilbert, S. (1986). Determination of sorbic acid diffusivity in model food gels *Journal Food Technology*, 21: 339-353.

Giosafatto, C. V. L., Di Pierro, P., Gunning, P., Mackie, A., Portia, R., and Mariniello, L. (2014). Characterization of Citrus pectin edible films containing transglutaminase-modified phaseolin. *Carbohydrate Polymers*, 106: 200-208.

Gontard, N., Marchesseau, S., Louiscuq, J. & Guilbert, S. (1995). Water vapour permeability of edible bilayer films of wheat gluten and lipids. *International Journal of Food Science and Technology*, 30: 49-56.

Guerrero, R. M., Manzanilla, C., Hernández, J. C. y Clamens, C. (2011). Caracterización fisicoquímica de frutos de ciruelo de huesito (*Spondias purpurea* L.) en el municipio Mara. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 28 (1): 670-676.

Guilbert, S. (1986). Technology and application of edible protective films. In Mathlouthi, M. (Ed.), *Food packaging and preservation*, 371–394.

Han, J. 2014. Edible films and coatings: A review. In: Han J, editor. Innovations in Food Packaging. Berkeley, Elsevier. P. 213-255.

Hanan, A. A. M., Mondragón, P. J., Vibrans, H. (2009). *Cissus verticillata* (L.) Nicolson Et C. E. Jarvis. Recuperado de: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/vitaceae/cissusverticillata/fichas/ficha.htm>.

Hernández-Cruz, M. J., Koch-Olt, S. D., Pulido-Salas, M. T. P., Luna-Cabazos, M., García-Villanueva, E. (2016). Estudio florístico del cerro Metecatli, del complejo montañoso Tetzcutzingo, Texcoco, Estado de México, México. *Botanical Sciences* 94:377-392. Doi: 10.17129/botsci.240.

Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Valle, V. D., Velez, D., Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. Food Chem. (England). 110(2):428-43.

Huang, L., Zhang, M., Yan, W., Mujmdar, A. S. y Sun, D. (2011). Rehydration characteristics of freeze-dried strawberry pieces as affected by whey protein edible coatings. International Journal of Food Science & Technology. 46(4): 671-677.

Irissi-Mangata, J., Bauduin, G., Boutevin, B., Gotard, N. (2001). New plasticizers for wheat gluten films. European Polymer Journal, 37:1533-1541.

Jangchud, A., Chinnan, M. S. (1999). Properties of peanut protein films sorption isotherm and plasticizer effect. LWT - Food Science Technology, 32: 89-94.

Kara, Z., Yazar, K. (2019). Effects of grape seed oil on postharvest life and quality of some grape cultivars. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering* 13: 20-24.

Krochta, J. M., De Mulder Johnston, C. (2002). Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology*, 51: 61–74.

Lagunes, I., Trigos, A. (2006). Hongos en los alimentos ¿Estamos realmente informados? *Rev Div Cient Tec Univ. Veracruz*. 19:1-3

Leak, C., Buntong, B., Acedo, A. L., Easdown, W., Hughes, J. A., Keatinge, J. D.H. (2017). Effects of chitosan coating on quality and shelf life of tomato during CoolBot cold storage. *Acta Horticulture*. 1179: 107-110. [https://doi: 10.17660/ActaHortic.2017.1179.16](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1179.16).

Liu, X. Q., Ickert-Bond, S. M., Nie, Z. L., Zhou, Z., Chen, L. Q., Wen, J. (2016). Phylogeny of the *Ampelocissus-Vitis* clade in Vitaceae supports the New World origin of the grape genus. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 95, 217-228. Doi: 10.1016/j.ympev.2015.10.013.

Lombardi, J. A. (1997). Types of names in *Ampelocissus* and *Cissus* (Vitaceae) referring to taxa in the Caribbean, Central and N. America. *Taxon*, 46, 423-432. Doi: 10.2307/1224385.

Lombardi, J. A. (2000). Vitaceae: Gêneros *Ampelocissus*, *Ampelopsis* e *Cissus*. *Flora Neotropica*, 80, 1-250.

Lombardi, J. A. (2007). Systematic of Vitaceae in South America. *Canadian Journal of Botany* 85:712-721. Doi: 10.1139/B07-021

López de Lacey, A. M., López-Caballero, M. E., Gómez-Estaca, J., Gómez-Guillén, M. C., Montero, P. (2012). Functionality of *Lactobacillus acidophilus* and

Bifidobacterium bifidum incorporated to edible coatings and films. *Innovative Food Science Emerging Technologies*, 16: 277–282.

Lozano-Grande, M., Valle-Guadarrama, S., Aguirre-Mandujano, E., Lobato-Calleros, C. S. O., Huelitl-Palacios, F. (2016). Films base on hawthorn (*Crataegus* spp.) fruit pectin and candelilla wax emulsions: Characterization and application on *Pleurotus ostreatus*. *Agrociencia* 50: 849-866.

Madera-Santana, J. T., De Dios-Aguilar, M. A., Colín-Chavez, C., Mariscal-Amaro, L. A., Nuñez-Colín, C. A., Velóz-García, R., Guzmán-Maldonado, S. H., Peña-Caballero, V., Grijalva-Verdugo, C. P., Rodríguez-Nuñez, J. R. (2019). Recubrimiento a base de quitosano y extracto acuoso de hoja de Moringa oleífera obtenido por UMAE y su efecto en las propiedades fisicoquímicas de fresa (*Fragaria x ananassa*). *Biocencia* 21: 155-163.

Maldonado, C. Y., Salazar, O. S. M., Millones, C. C. E., Torres, M. E. V., Vásquez, C. E. R. (2010). Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan (*Vasconcellea weberbaueri* (Harms) V.M. Badillo) provenientes del distrito de San Miguel de Soloco, región Amazonas. *Revista Aporte Santiaguino* 3: 177-184.

Maldonado-Astudillo, Y. I., Alia-Tejacal, I., Núñez-Colín, C. A., Jiménez-Hernández, J., Pelayo-Zaldívar, C., López-Martínez, V., Valle-Guadarrama, S. (2014). Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L. and *S. mombin* L. *Scientia Horticulturae*, 174, 193–206.

Mali, S., Sakanaka, L. S., Yamashita, F., and Grossmann. (2005). Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect *Carbohydrate Polymer*, 60: 283-289.

Mamani, H. N. and Ferreira, C. R. (2010). Mechanical and water vapor permeability properties of biodegradable films based on methylcellulose, glucomannan, pectin and gelatin. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31: 739-746.

Mantilla, N., Castell-Perez, M. E., Gomes, C., Moreira, R. G. (2012). Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *LWT-Food Sci. Technol. (USA)*. 51(1):37-43

Manzanero-Medina, G. I., Flores-Martínez, A., Sandoval-Zapotitla, E., Bye-Boettler, R. (2009). Etnobotánica de siete raíces medicinales en el mercado de Sonora de la Ciudad de México. *Polibotánica*, 27, 191-228.

Mariniello, L., Di Pierro, P., Esposito C., Sorrentino, A., Masi, P., Porta, R. (2003). Preparation and mechanical properties of edible pectin-soy flour films obtained in the absence or presence of transglutaminase. *Journal Biotechnology*, 102: 191-198.

Martelli, S. M., Laurindo, J. B. (2012). Chicken feather keratin films plasticized with polyethylene glycol. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 61: 17–29.

Martelli, S. M., Moore, G., Paes, S. S., Gandolfo, C., Laurindo, J. B. (2006). Influence of plasticizers on the water sorption isotherms and water vapor permeability of chicken feather keratin films, *LWT - Food Science Technology*, 39: 292-301.

Martínez-Mendoza, A. A., Franco-Mora, O., Sánchez-Pale, J. R., Rodríguez-Núñez, J. R., Castañeda-Vildózola A. (2020). Evaluación de recubrimientos comestibles a base de pectina de tejocote (*Crataegus mexicana* Moñ. & Sess, ex

DC., Rosaceae) en la poscosecha de tihuirocote (*Ximenia americana* L., Olacaceae). Acta Agrícola y Pecuaria. 6(1): E0061004.

Marudova, M., MacDougall, A. J. Ring, S. G. (2004). Pectin–chitosan interactions and gel formation, Carbohydrate Research, 339, 1933-1939.

Matta, F. F., Martenelli, S. M. Caon, T., Velasco, J. I., Innocentini M. L. H. (2015). Edible films and coatings base on starch/gelatin: Film properties and effect of coating on quality of refrigerated Red Crimson grapes. Postharvest Biology and Technology, 109: 57-64.

McHugh, T. H. and Senesi, E. (2000). Apple wraps: A novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh-cut apples. Journal of Food Science, 65: 480–485.

Melgarejo-Flores, B. G., Ortega-Ramirez., L. A., Silvia-Espinoza, B. A., Gonzalez-Aguilar, G. A., Miranda, M. R. A. and Ayala-Zavala, J. F. (2013). Antifungal protection and antioxidant enhancement of table grapes treated whit emulsions vapors, and coatings of cinnamon leaf oil. Postharvest Biology and Technology, 86: 321-328.

Mora, V. H., Franco-Mora, O., López-Sandoval, J. A., Pérez-López, D. J., Balbuena-Melgarejo, A. (2009). Characterization of wild plum (*Ximenia americana* L. var. *americana*; Olacaceae) fruit growing at Tepexi de Rodríguez, Puebla, Mexico. Genetic Resource and Crop Evolution 56: 719–727. <https://doi10.1007/s10722-009-9422-6>.

Morales, P. A. A., Franco-Mora, O., Castañeda-Vildozola, A., Morales-Rosales, E. J. (2014). The anti-senescence effects of resveratrol reduces

postharvest softening rate in cherimoya fruit. *Scientia Agropecuaria* 5:35-44. Doi: 10.17268/sci.agropecu.2014.01.04.

Muñiz-Márquez, D. B., Wong-Paz, J. E., Aguilar-Zárate, P., Rojas-Molina, R. (2017). Aplicación de recubrimientos comestibles a base de pectina, glicerol y cera de candelilla en frutos cultivados en la Huasteca Potosina. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*. 10 (4): 20-28.

Nisperos-Carriedos, M. O., Baldwin, E. A., Shaw, P. E. (1992). Development of an edible coating for extending postharvest life of selected fruits and vegetables. *Proceedings of the 104th Annual Meeting of the Florida State Horticultural Society*, 104: 122–125.

Oms-Oliu, G.; Soliva-Fortuny, R.; Martín-Belloso, O. Using polysaccharide-based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. (2008). *LWT Food Sci. Technol.* 41: 1862–1870.

Osuna G., J. A., Ma. H. Pérez B., V. Vázquez V. y R. Gómez J. (2011). Aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP) y su efecto en ciruela mexicana (*Spondias purpurea*L.). *Rev. Fitotec. Mex.* 34(3):197-204.

Ouoba, P., Ouattara, L., Robichaud, P. P., A Doiron, J., E Surette M. (2018). Extraction of vegetable oil from *Cissus populnea* Guill and Perr. Seeds and determination of its fatty acids content. *International Journal of Food Science and Nutrition*. Issue 4(3): 80-83.

Páez-Reyes, L. M., Sánchez-Olarte, J., Velasco-Torres, M., Álvarez-Gaxiola, J. F., Argumedo-Macías, A. (2013). Propuesta de estrategia para el mejoramiento del cultivo de capulín en los municipios de Domingo Arenas, Calpan y San Nicolás de los Ranchos. *Ra Ximhai*. 9(1): 109-119.

Palacios-Wassenaar, O., Castillo-Campos, G., Vázquez-Torres, S. M., Del Amo-Rodríguez, S. (2014). Flora vascular de la selva mediana subcaducifolia del centro de Veracruz, México. *Rev Mex Biodiv*, 85, 125-142. Doi: 10.7550/rmb.34663.

Park, H. J., Chinnan, M. S., Shewfelt, R. L. (1994). Edible Coating Effects on Storage Life and Quality of Tomatoes. *Journal of Food Science*. 59 (3): 568-570.

Pavlath, A. E. and Orts, W. (2009). Edible films and coatings: why, what, and how. In Embuscado, E. M. and Huber K. C. (Eds). *Edible Films and Coatings for Food Applications*. 1-23.

Pelmorex Corporation (2018). El tiempo previsto S. L. U. Recuperado de: <https://www.eltiempo.es>.

Perales, H. R., Aguirre, J. R. (2008). Biodiversidad humanizada. In: CONABIO (Ed.) *Capital cultural de México. I. Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO. Recuperado de: https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I18_Biodivhum.pdf

Pereira, M. E. C., Silva, A. S., Bispo, A. S. R., Santos, D. B., Santos, U. J. (2006). Amadurecimiento de mamão Formosa com revestimento comestível base de fécula de mandioca. *Ciência e Agrotecnologia* 30: 1116-1119.

Peressini, D., Bravin, B., Lapasin, R., Rizzotti, C., Sensidoni, A. (2003). Starch- methylcellulose based edible films: rheological properties of film-forming dispersions *Journal Food Engineering*, 59: 25-32.

Pérez, E. P. J., Du, W.X, Avena, R. de J., Ferreira, N. de F. and McHugh, T. H. (2013). Edible films from pectin: Physical-mechanical and antimicrobial properties - A review. *Food Hydrocolloids*, 35: 287-296.

Pérez, L. M., Piccirilli, G. N., Delorenzi, N. J. and Verdini, R. A. (2016). Effect of different combinations of glycerol and/or trehalose on physical and structural properties of whey protein concentrate-based edible film. *Food Hydrocolloids*, 56: 352-359.

Pérez-Arias, G. A., I. Alia-Tejacal, M. Andrade-Rodríguez, V. López-Martínez, A. Pérez-López, R. Ariza-Flores, O. Sánchez M. A., Villarreal-Fuentes J. M. (2008). Características físicas y químicas de ciruelas mexicanas (*Spondias purpurea*) en Guerrero. *Investigación Agropecuaria* 5(2): 141-149

Perez-Cortez, S., Reyna-Hurtado, R. (2008). La dieta de los pecaríes (*Pecari tajacu* y *Tayassu pecari*) en la región de Calakmul, Campeche, México. *Revista Mexicana Mastozoología*, 12, 17-42.

Piñeros, D., Jaramillo, C., Córdoba, A., Goyanes, S. (2016). Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as active food packaging. *Alimentos hidrolóides*, 63: 488-495.

Placido, G. R., Silva, R. M., Cagnin, C., Silva, M. A. P., Soures, J. C., Caliari, M. (2015). Use of pectin in the storage of mangaba fruits (*Hancornia speciosa* Gomez) associated with refrigeration. *African Journal of Biotechnology* 14: 2786-2799.

Ponce, A. G., Roura, S. I., del Valle, C. E., Moreira, M. R. (2008). Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: invitro and in vivo studies. *Postharvest Biology Technology*, 49:294–300.

Puigvert, J. Y., y Garza, S. (2003). Los geles de pectina y su aplicación en la industria alimentaria. *Revista de tecnología e higiene de los alimentos*. 342: 93-98.

Quintero, C. J.; Falguera, P. V. y Muñoz, H. J. (2010). Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga*. 5: 93-118. Disponible en: <http://revistas.ut.edu.co/index.php/TUMBAGAV/article/viewFile/459/366>

Ramírez, D. R., Harker, S. M., Hernández, L. L. (2011). Vegetación y flora del predio Las Joyas, La Manzanilla, municipio de La Huerta, Jalisco, México. *Ibugana*. 1: 3-15.

Ramírez, J. L., Cevallos-Ferriz, R. S. (2000). Consideraciones sobre las angiospermas (plantas con flor) fósiles en México. *GEOS*, 9, 433-444.

Raybaudi–Massilia, R., Mosqueda–Melgar, J., and Martín–Belloso, O. (2008). Edible alginate–based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf–life and safety of fresh–cut melon. *International Journal of Food Microbiology* 121:313–327.

Restuccia, D., Spizzirri, G. U., Parisi, I. O., Cirillo, G. (2010). New EU regulation aspects and global market of active and intelligent packaging for food industry applications. *Food Control*. 21 (11): 1425-1435.

Robertson G.L (2008). State of the art biobased food packaging materials. En E. Chiellini (Ed.), *Environmentally compatible food packaging* Woodhead Publishing Limited. pág. 3-28.

Rodrigues, J. G., Lombardi, J. A., Lovato, M. B. (2014). Phylogeny of *Cissus* (Vitaceae) focusing on South American species. *Taxon*, 63, 287-298. Doi: 10.12705/632.33.

Rojas-Grau, M., Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R and Mertin-Belloso, O. (2009). The use of packaging techniques to maintain freshness in fresh-cut fruits

and vegetables: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 44: 875-889.

Rojas-Graü, M., Tapia, M., Rodríguez, F., Carmona, A., MARTIN, O. (2007). Alginate and gellan-based edible coatings as carriers of antibrowning agents applied on fresh-cut Fu, *Food Hydrocolloids*. 21(1): 118-127.

Rojo, A., Rodríguez, J. (2002) *La flora del Pedregal de San Ángel*. INE-SEMARNAT. Cd. México, México.

Ruenes-Morales, M.R.; Ferrer-Ortega, M.M.; Montañez-Escalante, P.I.; Fortuny-Fernández, N.M. (2016). La conservación de los abales (*Spondias purpurea* L.) y sus parientes silvestres en la península de Yucatán. *Agroproductividad*. 9(4): 55-62.

Rzedowsky, J., Calderón, R. G. (2005). Vitaceae. Flora del bajío y regiones adyacentes Recuperado de:
<http://incolbajio.incol.mx/floradelbajio/documentos/fasciculos/ordinarios/Vitaceae%20131.pdf>

Saavedra, H. N., Algecira, E. N. A. (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *NOVA* 8: 121-240.

Sabás-Chavez, C. C., Franco-Mora, O., Rubí-Arriaga, M., Sánchez-Pale, J. R., Castañeda-Vildózola, A. (2016). Tamaño y dulzor del fruto de ocho accesiones de *Vitis* spp. en tres años continuos. *Nova Scientia* 8: 233-248.

Saberi, B., Vuong, Q. V., Chockchaisawasde, S., Golding, J. B., Scarlett, C. J. and Stathopoulos, C. E. (2015). Mechanical and physical properties of pea

starchedible films in the presence of glicerol. Journal of Food Processing and Preservation, 44: 176-186.

Sacande, M., Vautier, H. (2006). *Ximenia americana* seed leaflet. Millennium seed bank project, kew. Forest & landscape, Denmark Let. 112.

Saeed, A. E. M., Bashier, R. S. M. (2010). Physico-chemical analysis of *Ximenia americana*. L seed oil and structure elucidation of some chemical constituents of its seed oil and fruit pulp. Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy 2: 49-55.

Saiter, J. M. (2014). Edible Polymers: Challenges and Opportunities. Journal of Polymers, ID 427259.

Sarmiento, J. D. A., Morais, P. L. D., Souza, F. I., Miranda, R. A. (2015). Physical-chemical characteristics and antioxidant potential of seed and pulp of *Ximenia americana* L. from the semiarid region of Brazil. African Journal of Biotechnology 14: 1743-1752.

Sawadogo, A., Gnankine, O., Badolo, A., Ouedraogo, A., Ouedraogo, S., Dabiré, A., Sanon, A. (2013). First report of the fruits flies, *Ceratitis quinaria* y *Ceratitis silvestri*, on yellow plum *Ximenia americana* in Burkina Faso, West Africa. The Open Entomology Journal 7: 9-15.

Scull, L. R., Miranda, M. M., Caballero, P. O. (2000). Contribución al estudio de *Cissus sicyoides* L. (bejuco-ubí). Rev Cubana Farm. 34 (2): 120-4.

Shiri, M. A., Ghsemnezhad, M., Bakshin, D. and SariKhani. (2013). Effect of postharvest putrescine application and chitosan coating on maintaining quality of table grape Cv. "Shahroudi" during long-term storange. Journal of Food Procesing and Preservation, 37: 999-1007.

Shit, S. C., y Shah, P. M. (2014). Edible polymers: challenges and opportunities. *Journal Polymer*, 13.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SIAP -SAGARPA). (2012). Cierre de la producción agrícola por estado. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351.

Sistema Meteorológico Nacional (2015) Normales climatológicas de la estación Zumpahuacán. Recuperado de: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=28.

Sitonio, E. K., Sartori, T., Menegalli, F. C. (2014). Films and edible coatings containing antioxidants – a review. *Brazilian Journal of Food Technology* 17: 98-112.

Solórzano, M. S., Alía, T. I., Rivera, C. F., López, M. V., Pérez, F. L. J., Pelayo, Z. C., Guillén, S. D., Díaz, de L. S. F., Maldonado, A. Y. I. (2015). Quality attributes and functional compounds of Mexican plum (*Spondias purpurea* L.) fruit ecotypes. *Fruits*. 70 (5): 261-270.

Sothornvit, R., y Krochta, M. J. (2005). Plasticizer in edible films and coatings. *Innovations in Food Packaging*. 403-433.

Sothornvit, R., y Pitak, N. (2007). Oxygen permeability and mechanical properties of banana films. *Food Research International*, 40: 365–370.

Sousa, M. B. (2007). Qualidade póscolheita. Brasília: Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento-MAPA. Folhas de Divulgação AGRO 556.

Stohs SJ and Ray SD. (2013). A review and evaluation of the efficacy and safety of *Cissus quadrangularis* extracts. *Phytother Res.* 27: 1107–1114.

Systat Software, Inc. (2012). Systat, SigmaScan Pro, TableCurve 3D, PeakFit and AutoSignal.

Tamburaci, S., Kimna, C., & Tihminlioglu, F. (2018). Novel phytochemical *Cissus quadrangularis* extract–loaded chitosan/Na-carboxymethyl cellulose–based scaffolds for bone regeneration. *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*, 33(6), 629–646

Tiburski, J. H., Rosenthal, A., Deliza, R., Godoy, R. L. O., Pacheco, S. (2011). Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) pulp. *Food Res. Int.* 44: 2326–2331.

Tobar-Reyes, J. R., Franco-Mora, O., Morales-Rosales, E. J., Cruz-Castillo, J. G. (2011). Fenoles de interés farmacológico en hojas de vides silvestres (*Vitis* spp.) de México. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 10: 167-172.

Toledo, M., Reyes, F. G. R., Laderoza, M., Francis, F. J., Draetta, I. S. (1983). Anthocyanins from anil trepador (*Cissus sicyoides*). *Journal of Food Science*, 48, 1368-1369. Doi: 10.1111/j.1365-2621.1983.tb09238.

Valdés, A., Burgos, N., Jiménez, A. and Garrigós, M. C. (2015). Natural Pectin Polysaccharides as Edible Coatings. *Coatings*. 5: 865-886.

Valencia-Chamorro, S. A., Palou, L., Del Río, M. A. and Pérez-Gago, M. B. 2011. Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 51: 872-900.

Vázquez, V. N. (2011). Asociación agrícola de productores de uva de mesa, modelo de la agricultura moderna en México en el siglo XXI. Fundación Produce Sonora, A. C., 92.

Vázquez-Briones, M. C., Guerrero-Beltrán, J. A. (2013). Recubrimientos de frutas con biopelículas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 7: 5-14.

Villada, H., Acosta, H. y Velasco, R. (2007). Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables. Universidad del Cauca, Departamento de Agroindustria, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Valle. Departamento de Ingeniería de Alimentos.

Villarreal-Fuentes, J. M., Alia-Tejacal, I., Pérez-Pérez, X. I. D., Espinosa-Zaragoza, S., Marroquin-Agreda, F. J., y Núñez-Colín, C. A. (2019). Caracterización fisicoquímica de frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) en el Soconusco, Chiapas. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(17), 219-229.

Wallace, R. B., y Painter, R. L. E. (2002). Phenological patterns in a southern Amazonian tropical forest: implications for sustainable management. *Forest Ecology and Management*. 160: 19-33.

Xu, Y., Kim, K., Hanna, M. Nag, D. (2005). Chitosan-starch composite film: preparation and characterization *Industrial Crops and Products*, 21: 185-192.

Yamane, T., Jeong, S. T., Goto-Yamamoto, N., Koshita, Y., Kobayashi, S. (2006). Effects of temperature on anthocyanin biosynthesis in grape berry skins. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57, 54-59.

Yang, C., Chen, T., Shen, B., Sun, S., Song, H., Chen, D., Xi, W. (2009). Citric acid treatment reduces decay and maintains the postharvest quality of peach

(*Prunus persica* L.) fruit. Food Science and Nutrition 7: 3635-3643.

<https://doi.org/10.10017fsn3.1219>

Yang, L. y Paulson, A. T. (2000). Mechanical and Water Vapour Barrier Properties of Edible Gellan Films. Food Research International, 33: 563-570.

Yoon, S. D. (2013). Cross-Linked Potato Starch-Based Blend Films Using Ascorbic Acid as a Plasticizer. Journal of agricultural and food chemistry. 62 (8): 1755-1764.

Yousefi, M., Nateghi, L., Gholamian, M. (2013). Physicochemical properties of two of shahrodi grape seed oil (Lal and Khalili). Eur J Exp Biol. 3:115–118

Zamora-Martinez, M. C., Nieto, P. P. C. (1992). Medicinal plants used in some rural populations of Oaxaca, Puebla and Veracruz, Mexico. *Journal Ethnopharmacol*, 35, 229-257.

Zamudio, P. B., Vargas, A. and Gutierrez, F. (2009). Physicochemical characterization of dually-modified banana starch. *Agrociencia*, 44; 283- 295.

Zamudio-Flores, P. B., Bello-Pérez L. A., Vargas-Torrez, A., Hernandez-Uribe, J. P. y Romero-Bastida, C. A. (2007). Caracterización parcial de películas preparadas con almidón oxidado de plátano. *Agrociencia*, 41: 837-844.

Zegbe, D. J. A., Domínguez, C. V. S. I., Mena C. J. y Alvarado N. Ma. D. (2011). Aplicación de envolturas comestibles a base de mucílago de nopal para extender la vida de anaquel de frutas percederas. Folleto Técnico No. 38. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. 32 p

XI. ANEXOS

11.1 Cartas de aceptación de los artículos

Date: 11 Mar 2020
To: "Omar Franco-Mora" ofrancom@uaemex.mx;franco_omar@hotmail.com
cc: gaetano.laghetti@ibbr.cnr.it, "Abygail A. Martínez-Mendoza" statusprodigy@yahoo.com.mx, "Alvaro Castañeda-Vildózola" acastanedav@uaemex.mx, "Jesús R. Sánchez-Pale" jrsanchezp@uaemex.mx, "Sara L. González-Romero" ofmuaemex@gmail.com
From: "Genetic Resources and Crop Evolution (GRES)" Nandhini.Prakash@springer.com
Subject: GRES-D-19-00398R1 - Editor Decision

Dear Prof. Franco-Mora,

We are pleased to inform you that your manuscript, "Fruit characteristics of *Cissus verticillata* (L.) Nicholson & C. E. Jarvis and *C. tiliacea* Kunth during two complete harvest seasons", has been accepted for publication in Genetic Resources and Crop Evolution.

You will receive an email from Springer in due course with regards to the following items:

1. Offprints
2. Colour figures
3. Transfer of Copyright

Please remember to quote the manuscript number, GRES-D-19-00398R1, whenever inquiring about your manuscript.

With best regards,
Journals Editorial Office
Springer

Reviewer #1: accept for publication

This letter contains confidential information, is for your own use, and should not be forwarded to third parties.

Recipients of this email are registered users within the Editorial Manager database for this journal. We will keep your information on file to use in the process of submitting, evaluating and publishing a manuscript. For more information on how we use your personal details please see our privacy policy at <https://www.springernature.com/production-privacy-policy>. If you no longer wish to receive messages from this journal or you have questions regarding database management, please contact the Publication Office at the link below.

In compliance with data protection regulations, you may request that we remove your personal registration details at any time. (Use the following URL: <https://www.editorialmanager.com/gres/login.asp?a=r>). Please contact the publication office if you have any questions.

Cuernavaca, Mor., 12 de marzo del 2020.

A quien corresponda:

El que suscribe, Dr. Víctor López Martínez, editor en jefe de Acta Agrícola y Pecuaria

HACE CONSTAR

Que el artículo titulado: EVALUACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES A BASE DE PECTINA DE TEJOCOTE (*Crataegus mexicana* DC., ROSACEAE) EN LA POSTCOSECHA DE TIHUIXOCOTE (*Ximenia americana* L., OLACACEAE, cuyos autores son: Abygail Adarely Martínez-Mendoza, Omar Franco-Mora (Autor para correspondencia), Jesús Ricardo Sánchez-Pale, Jesús Rubén Rodríguez-Núñez, Álvaro Castañeda-Vildózola ha sido ACEPTADO PARA SU PUBLICACIÓN en la Revista Acta Agrícola y Pecuaria en el volumen 6 del año 2020.

A petición del interesado y para los fines que al mismo convengan, se extiende la presente constancia en Cuernavaca, Morelos, México.

ATENTAMENTE

*Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia*



Dr. Víctor López Martínez
Editor en Jefe
Acta Agrícola y Pecuaria