

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



TESIS

**EFFECTO DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE FUNCIONAL DE
CARRAGENINA Y ACEITE DE OLIVA SOBRE LA CALIDAD
POSTCOSECHA DE CHILE SERRANO**

POR:

CARMEN EDITH HERNÁNDEZ CALVA

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

Octubre 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS TITULADA

Efecto del Recubrimiento Comestible Funcional de Carragenina y Aceite de Oliva sobre la Calidad Postcosecha de Chile Serrano

PRESENTADA POR:

CARMEN EDITH HERNÁNDEZ CALVA

Que ha sido aprobada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

El presente trabajo ha sido asesorado y aceptado de acuerdo al artículo 89 del Reglamento Académico para alumnos de licenciatura por el siguiente comité:



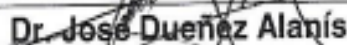
M.C. Xochitl Ruelas Chacón
Asesor Principal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Asesor



Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó
Asesor



Dr. José Dueñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México. Octubre, 2016.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TESIS TITULADA

Efecto del Recubrimiento Comestible Funcional de Carragenina y Aceite de Oliva
sobre la Calidad Postcosecha de Chile Serrano

PRESENTADA POR:

CARMEN EDITH HERNÁNDEZ CALVA

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito para
obtener el título de:

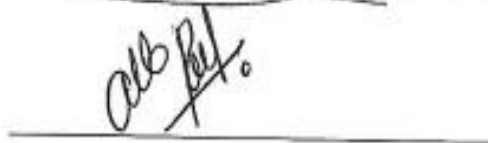
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

De acuerdo al artículo 90 del reglamento para Alumnos de Licenciatura

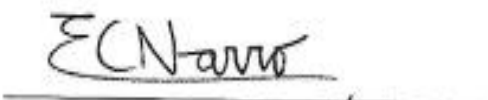
M.C. Xochitl Ruelas Chacón
Presidente



M.C. Alberto Rodríguez Hernández
Vocal



Dr. Efraín Castro Narro
Vocal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Vocal



Saltillo Coahuila, México. Octubre del 2016.

AGRADECIMIENTOS

*Primeramente a **Dios** por su misericordia, amor y fidelidad que me permitió concluir mi carrera profesional, por no abandonarme en momentos difíciles, y darme salud.*

*En segundo lugar Agradezco a mis Padres: **Rufino Hernández Hernández y Marta Calva Montes** por brindarme todo su apoyo y amor. Porque aun en la distancia estuvieron pendientes de mi y realizaron muchos sacrificios para que yo concluyera mi carrera.*

*A mis Hermanos **Norma Micaela, Miguel Ángel, Osvaldo, y Martha Isela** por todo el cariño y amor que me han brindado, por su confianza y amistad.*

*De igual manera le agradezco a **Cesar Cardoso**, gracias por tu apoyo incondicional, por ese gran cariño que has tenido hacia mi persona, por todos esos malos y buenos ratos que estuviste a mi lado, muchas gracias.*

*A mi **Alma Terra Mater** mi segunda casa por 4 años y medio, de la cual me forme como Profesional y persona, en esta gran casa de estudios se quedan miles de recuerdos de los cuales llevare conmigo toda mi vida. Y orgullosa de ser un ¡Buitre!*

*A todos mis profesores de formación, de los cuales me llevo un gran conocimiento, y aprendí de cada uno de ellos. Especialmente agradezco a la **M.C Xochitl Ruelas Chacón** por brindarme todo su apoyo para que concluyera esta investigación, por su tiempo y confianza brindada en mi, mil gracias maestra .Y de Igual Manera le agradezco a la Maestra Diana mi tutora, gracias por su tiempo y sus consejos.*

*A mis compañeros y amigos por todo su apoyo: **Betsabe, Cosme, Marisol, Itzel, Abigail.***

DEDICATORIAS

A Jesucristo mi Padre celestial:

Gracias Papá por todo tu amor, y tu misericordia, por todas las bendiciones que has derramado sobre mi vida, y no dejarme en este largo camino, por darme cada lección, y suplir mis necesidades. A ti mi Sr "Jesucristo" te doy toda la gloria, la honra y la alabanza.

A mis Padres: Rufino Hernández y Martha Calva

Por brindarme todo su apoyo incondicional, por el cariño y amor que me han dado, por darme el regalo mas valioso que es la vida, gracias por la confianza que me dieron cuando salí de casa para cumplir mi sueño, por todo eso y mucho más le doy gracias a Dios por sus vidas, los amo mis queridos padres, ustedes son un pedazo de cielo en mi vida, y soy la hija más afortunada por que los tengo a ustedes.

A mis Hermanos (as):

Norma Micaela, Miguel Ángel, Osvaldo, Marta Isela

Gracias por la confianza y amor que me tienen, por su apoyo económico que me brindaron para que yo cumpliera una meta, por todos los buenos y malos ratos que me hicieron sentir. Ustedes son esas grandes Bendiciones en mi vida, por eso tengo la dicha de tenerlos.

A mi Sobrina: Ximena Hernández

Por ser esa pequeña lucecita en mi vida, que a pesar de estar siempre alejadas demuestras tu amor, gracias mi Ximenita porque siempre contagias esa alegría. Eres una gran bendición de Dios

A mi Príncipe "Salvador Vega Vicente"

Gracias por tu amor incondicional, y porque cada día que hemos convivido me has dado mucha felicidad y amor, me siento afortunada de tenerte y porque eres una Bendición de Dios, Gracias bebe por tu apoyo!

A mis Hermanos en Cristo "Itzel Aguilar, Alberto Pascual y Cosme Francisco"

Gracias por su amistad y comprensión, por ser mis hermanos en Cristo, siempre los llevaré en el corazón porque mucha alegría me ha dado y Recuerden "No hay silencio que Dios no entienda, ni tristezas que Él no sepa. No hay amor que Él no ignore, ni lagrimas que no valore, Porque Él te Ama.

INDICE GENERAL

CAPITULO I	Error! Bookmark not defined.	6
INTRODUCCION	Error! Bookmark not defined.	6
1.1	Objetivos	19
1.1.1	Objetivo general	19
1.1.2	Objetivos específicos	19
1.2	Hipótesis	19
1.3	Justificación	20
CAPITULO II		21
2.1.	Antecedentes	21
2.2.	Recubrimientos comestibles	22
2.2.1	Definición	22
2.2.2	Formación de película	23
2.2.3	Uso y aplicaciones de recubrimientos comestibles	24
2.2.4.	Metodos para aplicar los recubrimientos en el fruto	24
2.2.5	Ventajas y desventajas de los recubrimientos en frutas	28
2.2.6	Tecnologías para la aplicación de RC y PC	28
2.2.7.	Tipos de recubrimientos comestibles	29
2.2.8	Materiales utilizados en recubrimientos comestibles	30
2.3.	Proteínas, polisacáridos y lípidos	32
2.4	Propiedades sensoriales y propiedades de barrera	33
2.5	Películas de carragenina	34
2.6	Películas de mezclas de polisacáridos	35
2.7	Películas comestibles basadas en carbohidratos	35

2.8	Películas comestibles basadas en proteínas.....	35
2.9.	Aplicaciones de alimentos de películas comestibles preparados con polisacariidos	36
2.10	Carragenina	36
2.11	Estructura y propiedades físico-químicas.....	37
2.11.1	Proceso de producción	37
2.11.2	Extracción	37
2.12.	Materia prima	39
2.13.	Funcionalidad y aplicaciones	39
2.14.	Industria alimentaria	39
2.15	Aceite de Oliva.....	41
2.16.	Sorbato de potasio	42
2.17	Generalidades del chile.....	43
2.17.1	Definición de chile	43
2.17.2	Chile serrano.....	44
2.17.3	Etimología.....	44
2.17.4	Origen	44
2.18	Características	45
2.18.1.	Usos y propiedades	46
2.18.2	Panorama del chile en MexicoAceite	46
2.18.3	Producción nacional de chile en Mexico	47
2.19	Clasificación de chiles.....	48
2.20	Plagas del chile serrano	48
2.21	Enfermedades virales	49

2.22	Cosecha	49
2.23	índices de calidad del chile	50
2.23.1	Recepción	51
2.23.2	Condiciones óptimas de almacenamiento.....	51
2.23.3	Etiquetado.....	51
2.23.4	Empacado.....	53
2.23.5	Transporte.....	53
2.23.6	Defectos comunes de poscosecha	54
2.23.7	Consideraciones especiales	54
	CAPITULO III	55
	METODOLOGIA.....	55
3.1.	Elaboración de la película comestible a base de carragenina con aceite de oliva.....	Error! Bookmark not defined.55
3.1.1	Preparación de la película.....	55
3.1.2	Preparación de la muestra y aplicación de la película de carragenina con aceite de oliva sobre los chiles serranos.....	55
3.2	Evaluación de los parametros físicos de calidad.....	56
3.2.1	Pérdida de peso.	56
3.2.2	Firmeza	56
3.2.3	Color.....	57
3.3	Evaluación de parametros quimicos de calidad	57
	CAPITULO IV.	63
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
4.1	Evaluación de los parametros fisico quimicos de calidad.....	63
4.2	Pérdida de peso	63
4.3.	Color.....	64

4.4	Firmeza.....	67
4.5	Contenido de sólidos solubles totales (SST)	68
4.6	Acidez titulable.....	69
4.7	Vitamina C	69
4.8	Respiración	70
	CONCLUSIONES	72
	Bibliografía	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Transferencias que pueden ser controladas por barreras comestibles	26
Figura 2. Estructura molecular de la carragenina.....	37
Figura 3 .Proceso de extracción de algas marinas..	38
Figura 4. Partes principales del chile	44
Figura 5. Precio y volumen de producción mensual de chiles	46
Figura 6. Penetrómetro para determinación de firmeza de chile.....	56
Figura 7. Refractómetro para determinacion de sólidos solubles totales.....	57
Figura 8. Mortero con muestra para determinación de vitamina C.....	59
Figura 9. Vaso de precipitado con muestra de chile para determinación de clorofila	60
Figura 10. PBI Dansensor gas analyzer,Checkmate II, Denmark	62
Figura 11. Pérdida de peso.....	64
Figura 12. Colorimetria parámetro L*	65
Figura 13. Colorimetría coordinada a*	66
Figura 14. Colorimetría coordinada b*	66
Figura 15. Firmeza.....	67
Figura 16. Sólidos solubles totales (SST)	68
Figura 17. Acidez titulable	69
Figura 18. Contenido de vitamina C.....	70
Figura 19. Película -testigo.....	71
Figura 20. Velocidad de respiración.....	71

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Atributos de calidad de frutas y hortalizas frescas	26
Cuadro 2. Estructura molecular de la carragenina	27
Cuadro 3. Características del ácido oleico	41
Cuadro 4. Composición nutricional del chile serrano en base a 100g	45
Cuadro 5. Producción nacional de chile por especie en 2012	47

RESUMEN

La conservación de alimentos en la actualidad es un proceso de manipulación necesaria para eliminar microorganismos patógenos que alteran la salud de los consumidores. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar los efectos de la película de carragenina en los chiles serranos en un mismo estado de madurez. La primer etapa parte experimental consistió en evaluar tres variables físicas de los chiles serranos: color, peso y firmeza, así como cinco variables químicas: vitamina C, acidez titulable, sólidos solubles totales, clorofila y velocidad de respiración

El análisis estadístico consistió en un diseño bifactorial, con tres repeticiones cada uno excepto el análisis de firmeza. Los resultados mostraron que la película de carragenina con aceite de oliva aplicada a los chiles serranos favorece a la vida de anaquel debido a la disminución de pérdidas que presentaron comparadas con el testigo. El análisis de los resultados mostro una diferencia significativa de $p < 0.01$ respecto al tiempo de almacenamiento en sólidos solubles totales, clorofila, acidez titulable y vitamina C. En la aplicación del tratamiento se presentó diferencia significativa $p < 0.01$ en velocidad de respiración y vitamina C, la aplicación del recubrimiento comestible favorece el aumento de vida de anaquel de chiles serranos.

Palabras clave: Película comestible, carragenina, vida de anaquel, chile serrano

CAPITULO I

INTRODUCCION

En la actualidad, la demanda creciente por parte de los consumidores de alimentos fáciles de preparar o de consumir alimentos naturales, e inocuos con propiedades nutricionales, y propiedades biológicas, y todo ello sin renunciar a las características sensoriales de frescura del alimento, han motivado a los investigadores e industriales a desarrollar nuevas tecnologías de procesado y conservación conocidas como “procesado mínimo”, cuyo principal objetivo es la inactivación de enzimas y de microorganismos alterantes y/o patógenos que dan lugar al deterioro del producto pero eliminando las consecuencias adversas de las tecnologías tradicionales (tratamientos térmicos, secado, acidificación, salado, aditivos químicos, etc.), relacionadas con la pérdida de calidad sensorial y nutricional (González-Aguilar y col., 2005; Oms-Oliu y col., 2010).

Teniendo en cuenta que los recubrimientos comestibles (RC) y películas comestibles (PC) van a ser ingeridos por el consumidor junto con el producto vegetal, los materiales que pueden ser utilizados en su formación deben reunir las siguientes características:

Compuestos considerados GRAS (Generalmente Reconocidos como Seguros)

Estables en condiciones de alta humedad

- i. Buena barrera al oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua, aunque deben permitir un mínimo de 1-3% de oxígeno entorno al producto para evitar los efectos negativos de la anaerobiosis

ii. Buenas propiedades mecánicas y de adhesión al vegetal cortado.

Cuando los frutos son cubiertos por películas comestibles, se crea una atmósfera modificada en el interior del fruto que reduce la velocidad de respiración y por tanto retrasa el proceso de senescencia del producto. Además, crean una barrera a la transferencia al vapor de agua retrasando el deterioro del producto hortofrutícola por deshidratación (Pérez-Gago y *col.*, 2008).

El uso de RC y PC se considera una tecnología adecuada con el medio ambiente por varios aspectos fundamentales. En primer lugar, reduce la utilización del envasado tradicional con films plásticos. Además, los RC y PC son biopolímeros naturales y biodegradables, es decir, que pueden ser obtenidos a partir de recursos naturales o extraídos a partir de los subproductos de las industrias agroalimentarias. Además, los RC y las PC pueden ser envases activos cuando se incorpora en su matriz polimérica aditivos naturales con propiedades antimicrobianas y antioxidantes (antipardeamiento).

También los recubrimientos comestibles y las películas comestibles pueden ser utilizados como un vehículo para incrementar las propiedades nutricionales y saludables del vegetal mínimamente procesado por la incorporación de compuestos bioactivos. Para mantener su estructura de película o recubrimiento comestible natural, estos aditivos deben de ser también aditivos naturales aprobados para su uso alimentario por la legislación de cada país (Silva-Weiss y *col.*, 2003).

En los recubrimientos y películas comestibles se pueden incorporar sustancias antimicrobianas y estas forman una denominación de activos, los cuales previenen o inhiben el desarrollo de microorganismos patógenos o deterioradores si los compuestos activos mantienen una concentración adecuada y constante en la superficie, prolongando la vida de anaquel de los alimentos (Zhou, 2010).

Los ácidos orgánicos más usados en empaques son (acético, benzoico, láctico), polipéptidos (lisozima, peroxidasa, nisina), aceites esenciales (de orégano, canela, citronella), quitosano, nitritos, sulfitos (Martin-Bellos y *col.*, 2009)

Una de las sustancias que contienen los chiles es la capsicina. Tienen un alto contenido de potasio y vitaminas A y C, además de bajo contenido en sodio. Contienen hierro, magnesio, tiamina, riboflavina y niacina. (Pérez y *col.*, 2008).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general:

Evaluar el efecto del recubrimiento funcional de carragenina sobre parámetros de calidad del chile serrano durante 30 días de almacenamiento a temperatura ambiente.

1.1.2 Objetivos específicos:

- Evaluar la técnica de recubrimiento de carragenina con aceite de oliva para los chiles serranos.

- Analizar color, pérdida de peso, firmeza, vitamina C, acidez titulable, sólidos solubles totales, y respiración de los chiles recubiertos y almacenados a temperatura ambiente durante un período de 30 días.

1.2 Hipótesis

- La aplicación del recubrimiento de carragenina con aceite de oliva en los chiles serranos, puede ser una alternativa para alargar la vida de anaquel conservando de esta manera las características de calidad en el chile serrano.

1.3 Justificación

El chile serrano proporciona antioxidantes y nutrientes importantes a la dieta humana, una alternativa de prolongar la vida útil de los productos hortícolas es utilizando películas comestibles. El aplicar los recubrimientos comestibles en frutas a partir de fuentes renovables, como lípidos, polisacáridos y proteínas, así como mezclas de éstos, disminuyen su tasa de respiración, retrasan su pérdida de peso por deshidratación, prolongan su pérdida de firmeza y pigmentación, causado por microorganismos. Debido a que los recubrimientos proporcionan una barrera semi-permeable a los gases y al vapor de agua, además puede actuar como portadores de ingredientes funcionales como agentes antimicrobianos y antioxidantes.

En la actualidad, existe un gran interés en incorporar a los recubrimientos comestibles y películas comestibles ingredientes funcionales como vitaminas (E o C), minerales, ácidos grasos, probióticos (bifidobacterias), etc., con el fin de incrementar los beneficiosas para la salud de los alimentos vegetales de IV gama (Tapia y *col.*, 2007, 2008a; Rojas-Grau y *col.*, 2009).

El propósito de esta investigación es proporcionar una alternativa para alargar la vida de anaquel del chile serrano (*Capsicum annuum*), mediante la aplicación de una película de carragenina con aceite de oliva, para conservar los atributos de calidad poscosecha como son; color, pérdida de peso, contenido de vitamina C, acidez, firmeza, sólidos solubles totales, respiración. Además de reducir y sustituir el empleo de plásticos, por materiales menos

agresivos con el ambiente. Aumentando la demanda de productos hortícolas más frescos, y seguros.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Según Hardenburg (1976), la aplicación de las películas comestibles, es para la protección de los alimentos con el fin de prolongar su vida de anaquel no es nada nuevo, menciona que desde los siglos XII y XIII en China se utilizaban ceras para recubrir a los cítricos retardando su desecación. En el siglo XVI sucedía que el recubrimiento de las frutas se llevaba a cabo con parafinas previniendo la pérdida de humedad del alimento (Labuza y Contreras-Medellín, 1981). Desde hace más de 50 años se ha estudiado y reportado en la literatura el uso de las películas comestibles, para extender el tiempo de vida de anaquel, e incrementar la calidad debido a la frescura, para productos congelados y procesados (Kester y Fennema, 1986). Las propiedades que ofrecen las películas comestibles dependen de los componentes de los cuales estén elaborados (Krotcha y *col*, 1994).

Hoy en día el Chile está siendo considerado para el desarrollo de tratamientos anticancerosos, ya que la capsaicina es capaz de eliminar las células malignas del cáncer sin dañar las células sanas, de acuerdo con un estudio de la Universidad de Nottingham (Reino Unido). La capsaicina

está presente en numerosas medicinas contra la artritis y el reumatismo, además de tener efectos positivos para disminuir el dolor de cabeza y la migraña. Gracias a su alto aporte de vitamina C, el chile previene enfermedades respiratorias y ayuda a la cicatrización. Esto sin olvidar que favorece un mejor aprovechamiento del hierro y mantiene la piel en buen estado.

2.2 Recubrimientos comestibles

2.2.1 Definición

Un recubrimiento comestible es definido como una sustancia aplicada en el exterior de los alimentos de manera que el producto final sea apto para el consumo. Los recubrimientos deben ser legales, inocuos, aceptables, sensoriales y deben proveer un valor agregado al alimento (Baldwin *y col.*, 2012)

Las películas de carragenina resultan como una posible matriz de encapsulamiento ya que muestran afinidad por compuestos volátiles polares. Estas películas comestibles actúan como empaques activos y posiblemente pueden liberar gradualmente compuestos de aroma y de esta manera conservar las características sensoriales como olor y sabor durante determinados periodos de tiempo (Marcuzzo *y col.*, 2010).

Los recubrimientos comestibles forman una atmósfera modificada pasiva que puede influenciar diferentes cambios en productos frescos y mínimamente procesados en aspectos tales como actividad antioxidante, color,

firmeza, calidad sensorial, inhibición del crecimiento microbiano, producción de etileno y compuestos volátiles como resultado de anaerobiosis (Oms-Oliu y *col.*, 2008).

2.2.2 Formación de película

La primera etapa en la elaboración de películas comestibles es la disolución del material (biopolímero) correctamente en algún disolvente como agua, alcohol, soluciones de ácidos diluidos, o mezclas de disolventes; el material debe permanecer dispersado. En algunos casos, es necesario calentar o ajustar el pH de la suspensión que contiene el biopolímero con el fin de disolver la macromolécula.

La segunda etapa consiste en adicionar una sustancia con propiedades plastificantes. Ésta proporcionará al recubrimiento un buen comportamiento mecánico en términos de flexibilidad y resistencia a la rotura, reduciendo la fragilidad. El plastificante más utilizado es el glicerol debido a su mayor estabilidad y compatibilidad con las cadenas biopoliméricas hidrófilas en comparación con el sorbitol, polietilenglicol y azúcares.

La tercera etapa consiste en eliminar el disolvente en exceso, por lo tanto se debe realizar un proceso de secado controlado. La velocidad de secado y las condiciones ambientales determinarán el espesor final y las características estructurales del recubrimiento (Campos y *col.*, 2011).

2.2.3 Uso y aplicaciones de recubrimientos comestibles

El uso de una película comestible (PC) o recubrimiento comestible (RC) en aplicaciones alimentarias y específicamente en productos altamente perecederos, como los pertenecientes a la cadena hortofrutícola, se basa en ciertas características tales como costo, disponibilidad, atributos funcionales, propiedades mecánicas (tensión y flexibilidad), propiedades ópticas (brillo y opacidad), su efecto barrera frente al flujo de gases, resistencia estructural al agua, a microorganismos y su aceptabilidad sensorial.

Estas características están aseguradas por parámetros como el tipo de material implementado como matriz estructural (conformación, masa molecular, distribución de cargas), las condiciones bajo las cuales se van formando las películas (tipo de solvente, pH, concentración de componentes, temperatura, entre otras), y el tipo y concentración de los aditivos (plastificantes, agentes entrecruzantes, antimicrobianos, antioxidantes, emulsificantes, etc.) (Guilbert *y col.*, 1996, Rojas-Graü *y col.*, 2009)

Además, como respuesta a la creciente preocupación por el medio ambiente, los recubrimientos y películas comestibles ofrecen como ventaja la disminución de residuos a causa de envases que representan un grave problema ecológico debido a su falta de biodegradabilidad (Tharanthan, 2003).

2.2.4 Métodos para aplicar los recubrimientos en el fruto

Ya que es más empleado a estas características y se obtienen recubrimientos más delgados y uniformes que los obtenidos por inmersión. La solución se aplica de manera presurizada, mediante la regulación de la presión,

para conseguir diferentes tamaños de gota. La aplicación del recubrimiento se realiza con aspersores de alta presión que permiten emplear menos material de recubrimiento. Otros métodos son la aplicación mecánica o manual con brochas (Bosquez y col., 2008).

Actualmente el uso de películas comestibles se ha extendido a muchos alimentos: productos cárnicos, pescados y carne aviar tanto frescos como congelados, frutas y hortalizas enteras o en trozos, quesos, platos preparados entre otros. Esto se debe al desarrollo de nuevas formulaciones innovadoras respecto a los biopolímeros utilizados para su composición. Según el tipo de biopolímeros (proteínas, polisacáridos, lípidos) que constituya la PC o RC sus características y funciones serán diferentes, ya que están ligadas a la composición química y estructural del mencionado biopolímero. Dichas funciones están asociadas a la preservación de la calidad de los alimentos de los cuales se aplica y consisten principalmente en ayudar como barrera en la transferencia de distintas sustancias fig. (1), desde el alimento hacia el exterior y viceversa

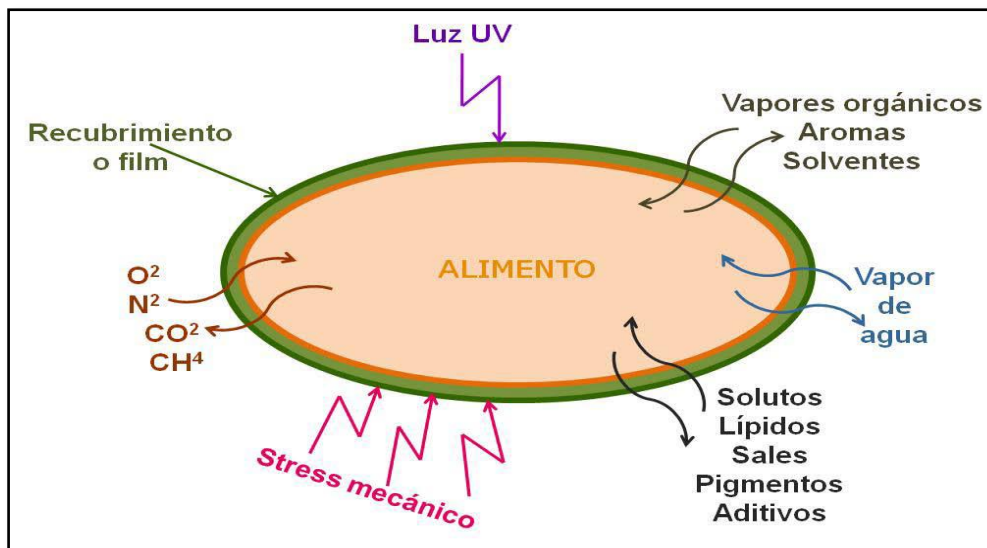


Figura 1. Transferencias que pueden ser controladas por barreras comestibles

Fuente: Dbeaufort y Voilley, 2009

Entre los atributos de calidad se busca resguardar en frutas y hortalizas frescas varios factores de calidad que se encuentran enlistadas en el Cuadro 1, estos atributos están determinados por la variedad y madurez del fruto, por los procedimientos de pre y post-cosecha y por el almacenamiento (Lin y Zhao., 2007).

Cuadro 1. Atributos de calidad de frutas y hortalizas frescas

Factor de Calidad	Preocupación primaria
Apariencia (Visual)	Tamaño Forma Color: Intensidad, uniformidad, brillo
Textura	Firmeza, Suavidad, Frescura Jugosidad, Consistencia
Sabor y aroma	Dulzura, Acidez, Astringencia Amargura, Compuestos volátiles
Valor nutritivo	Vitaminas Minerales
Seguridad	Sustancias químicas Contaminantes químicos Contaminación microbiana

Fuente: Lin y Zhao, 2007

La efectividad de un recubrimiento comestible para proteger frutas y vegetales depende del control de la humectabilidad (Cerqueira y col., 2009b), de la capacidad de la película para mantener compuestos de diferente funcionalidad (plastificantes, antimicrobianos, antioxidantes, sabores, olores) dentro de dicha matriz, ya que la pérdida de ciertas soluciones afecta el espesor de la película (Park, 1999), y de la solubilidad en agua, ya que es indispensable evadir la disolución de la PC o RC (Ozdemir y Floro, 2008).

En muchas aplicaciones de alimentos, la función más importante de las películas comestibles es la reducción de la pérdida de humedad, debido a que se deben de mantener ciertos niveles de a_w ya que es un factor de suma importancia en la calidad y seguridad del alimento (Labuza y Contreras-Medellín., 1981).

En el cuadro 2, se mencionan algunas de las propiedades funcionales que desempeñan las películas comestibles aplicadas a algunos alimentos

Cuadro 2. Funciones de las películas comestibles

Reducir la pérdida de la humedad
Reducir el transporte de gases (CO_2 y O_2)
Reducir la migración de aceites y grasas
Reducir el transporte de solutos
Mejorar las propiedades mecánicas y de manejo de los alimentos
Proveer integridad estructural a los alimentos
Retener los componentes volátiles
Contener aditivos

Fuente: Kester y Fennema, 1986.

2.2.5 Ventajas y desventajas de los recubrimientos en frutas

Algunas desventajas que se presentan en los recubrimientos comestibles son el espesor, cuando es muy grueso, y pueden llegar al desarrollo de sabores desagradables (Silva y col., 2012); la modificación de la atmosfera interna del fruto, la cual puede incrementar desórdenes asociados con una alta concentración de CO₂ o una baja de O₂ dañando parámetros sensoriales en la fruta (Quintero y col., 2010).

Además pueden producir minuciosos cambios indirectamente en el sabor de la fruta debido al retraso de la maduración (Jafarizadeh, Osman y col., 2012). Son más las desventajas del uso de recubrimientos comestibles en la protección y conservación de frutas, por ejemplo: crean una atmósfera modificada entre la película y la superficie de las mismas, prolongan la degradación de pigmentos debido a la ausencia de CO₂ y como consecuencia el desarrollo de colores indeseables (Pérez – Guzmán y col., 1999).

2.2.6 Tecnologías para la aplicación de RC y PC

Actualmente se fomentaron varios métodos para la correcta aplicación de las matrices comestibles sobre los alimentos. Como se mencionó antes los recubrimientos comestibles se diferencian de las películas comestibles por el modo en que son aplicados. Las técnicas de inmersión o spray se utilizan para RC y el casting para PC:

- **Inmersión:** consiste en la aplicación de las películas comestibles sumergiendo el alimento en la solución filmogénica preparada. Se utiliza

especialmente en aquellos alimentos cuya forma es irregular que requieren de una cobertura uniforme y gruesa. Es importante que el producto a evaluar esté previamente lavado y secado, y que una vez retirado de la solución se deje drenar el exceso de solución para lograr un recubrimiento uniforme.

- **Spray:** esta técnica se basa en la aplicación de la solución filmogénica presurizada. Permite obtener recubrimientos comestibles más finos y uniformes. Se usa en alimentos de superficie lisa o para la separación de componentes de distinta humedad de un alimento compuesto, por ejemplo en platos preparados como pizzas u otros.
- **Casting:** mediante este procedimiento se obtienen películas o films premoldeados. Consiste básicamente en la obtención de una dispersión uniforme compuesta por biomoléculas (proteínas, polisacáridos, lípidos), plastificante y agua. Luego se vierte sobre una placa de material inocuo (acero inoxidable) donde se deja secar para que se forme el film o película. La velocidad de secado junto con la temperatura y humedad son condiciones determinantes para la calidad del film (transparencia, consistencia, propiedades mecánicas), por lo tanto deben ser controladas correctamente (Domínguez y *col.*, 2012).

2.2.7 Tipos de recubrimientos comestibles

Los polisacáridos, las proteínas y los lípidos son los tres principales ingredientes poliméricos utilizados para producir RC. En muchos casos, dos o más materiales son mezclados para crear un material compuesto con mejores características físicas. Los recubrimientos comestibles a base de

polisacáridos son hidrofílicos y permiten la formación de enlaces de hidrógeno, que se pueden usar para la unión con aditivos. Debido a sus propiedades químicas, estos recubrimientos constituyen una barrera muy eficiente contra el oxígeno, pero deficiente contra la humedad. Los RC a base de lípidos proporcionan una buena barrera contra la humedad debido a su naturaleza hidrofóbica, pero presentan propiedades mecánicas deficientes.

Los recubrimientos comestibles a base de proteínas también son hidrofílicos y poseen una buena resistencia mecánica, por lo que pueden ser utilizados en frutas para reducir las lesiones durante su transporte; sin embargo, producen una escasa barrera contra la humedad. La fabricación y el uso de recubrimiento de mezclas de materiales ayudan a minimizar las ventajas de los componentes individuales, mientras que hacen sinergia de sus propiedades funcionales y físicas (Pascall y Lin, 2013).

2.2.8 Materiales utilizados en recubrimientos comestibles (RC)

Los materiales utilizados en la formulación de recubrimientos comestibles son hidrocoloides como proteínas y polisacáridos, lípidos como ceras, acilglicéridos y ácidos grasos y la mezcla de hidrocoloides y lípidos. Plastificantes, emulsionantes, antioxidantes, colorantes, saborizantes y antimicrobianos estos pueden ser incorporados en la formulación para mejorar las propiedades mecánicas, o proveer al recubrimiento de cualidades específicas adecuadas a un producto determinado (Valencia-Chamorro, 2009)

Los hidrocoloides son una excelente barrera para el O₂ y CO₂, pero no impiden la transmisión del vapor de agua por su carácter hidrofílico. Pueden clasificarse de acuerdo con su composición, carga molecular o solubilidad en agua. En los hidrocoloides se agrupan los polisacáridos (derivados de celulosa, derivados de almidón, pectinas, alginatos, chitosan); proteínas de maíz, soja y suero de leche).

Los lípidos son los recubrimientos que mejores resultados han dado en poscosecha. Mediante su utilización se reducen la respiración, deshidratación y mejora el brillo de los frutos. Los recubrimientos formados por solo lípidos son muy frágiles y friables, por lo que se han de aplicar en combinación con una matriz de soporte no lipídica. carnauba, cera de abeja, parafina, salvado de arroz y candelilla se han aconsejado en combinación con otros lípidos o polisacáridos, pero en la actualidad solo se utiliza la carnauba.

Los recubrimientos comestibles que se están ensayando en poscosecha son formulaciones mixtas de compuestos lipídicos e hidrocoloides. Los lípidos aportan la barrera al vapor de agua y los hidrocoloides la permeabilidad selectiva al CO₂ y O₂.

En el Centro de Poscosecha del IVIA se investigan nuevas formulaciones de recubrimientos comestibles y sus efectos sobre la calidad de cítricos y otros productos vegetales tanto enteros como mínimamente procesados (Pérez y col., 2008)

2.3 Proteínas, polisacáridos y lípidos

➤ Proteínas

Son polímeros de aminoácidos que pueden ser utilizados en la formulación de una dispersión filmogénica ya sea sin modificaciones o causando una desnaturalización previa, poseen de una buena barrera contra el transporte de gases, aromas o lípidos, pero tienen por desventaja una gran permeabilidad al vapor de agua. Las proteínas que se han utilizado en el recubrimiento de frutas y hortalizas son la zeína, el gluten y proteína de soya, gluten de trigo, la proteína de suero leche y la caseína e incluso la proteína de semilla de algodón (Cisneros-Zevallos y Krotcha, 2003a; Barbosa-Cánovas y Olivas, 2009).

➤ Polisacáridos

Los polisacáridos son empleados en la industria de alimentos como gelificantes, espesantes, estabilizantes, y formadores de películas comestibles, entre otras aplicaciones. Se obtienen principalmente de vegetales, algas y microorganismos. Entre los polisacáridos obtenidos de vegetales están la celulosa y el almidón; los polisacáridos obtenidos de algas que más se utilizan son los alginatos, las carrageninas y el agar; mientras que los polisacáridos obtenidos de microorganismo incluyen la goma xantana, el dextrano y la goma gellan, entre otros (Khan y *col.*, 2007)

Al utilizar polisacáridos como compuestos para la formación de películas comestibles, se obtienen películas transparentes que presentan propiedades mecánicas moderadas. Sin embargo, las aplicaciones se limitan debido a que las películas son solubles en agua y permeables al vapor de agua. Para mejorar ciertas condiciones es posible adicionar compuestos hidrofóbicos como ceras o aceites, y también se pueden hacer tratamientos para el entrecruzamiento de las moléculas (Vargas y *col.*, 2008; Campos y *col.*, 2011).

➤ **Lípidos**

Los lípidos forman películas que tienen buenas propiedades de barrera contra el paso del agua, pero sus aplicaciones se ven limitadas porque las películas obtenidas son quebradizas (Liu y *col.*, 2006).

La principal característica que aportan estos recubrimientos es la buena protección contra la pérdida de humedad del alimento recubierto que puede variar según su composición, grado de insaturación o longitud de cadena de sus ácidos grasos. Por ejemplo, entre más larga la cadena de los ácidos grasos saturados tales como el palmítico (C16), o el esteárico (C18) como componentes del material lipídico, la permeabilidad al vapor de agua será menor (Olivas y Barbosa-Cánovas, 2009), además entre más insaturados son los ácidos grasos, mejor será esta capacidad de permeabilidad

2.4 Propiedades sensoriales y propiedades de barrera

Las películas flexibles comestibles deben cumplir con características específicas que dependen del alimento considerado y de sus procesos metabólicos, como:

- I. **Propiedades sensoriales:** las películas comestibles deben ser transparentes, insípidas e inodoras con excepción de aquellas cuya función sea proveer de sabor o color al alimento.

- II. **Propiedades de barrera:** las cubiertas deben tener una adecuada permeabilidad al vapor de agua (Sorrentino, Gorrasi y Vittoria, 2007) y a solutos, así como permeabilidad selectiva a gases y compuestos volátiles (Kester y Fennema, 1986; Oms-Oliu, Hertog, Soliva-Fortuny y otros, 2009; Ribeiro, Vicente, Teixeira y Miranda, 2007; Vargas, Pastor, Chiralt y otros, 2008).

2.5 Películas de carragenina

Las carrageninas son polímeros obtenidos de varias algas marinas; son solubles en agua y tienen una cadena lineal de galactanos parcialmente sulfatados. Las carrageninas se clasifican en tres grupos kappa (κ), iota (ι) y lambda (λ), dependiendo de la posición y el número de grupos sulfatados. Las carrageninas κ , ι y λ tienen grupos sulfatados de 20%, 33% y 41% (p/p), respectivamente. La carragenina ι tiene la capacidad de producir geles termorreversibles al ser enfriada por debajo de cierta temperatura. Por tal efecto, la carragenina es usada ampliamente para la formación de películas en el área de alimentos (Karbowski *et al.*, 2006).

La superficie obtenida de la película de carragenina es porosa, lo que puede provocar puntos débiles que disminuyen la fuerza tensil. Las

películas elaboradas con carragenina ι y glicerol muestran ventajas interesantes, tales como reducción de transferencia de oxígeno y buenas propiedades mecánicas. La adición de lípidos a la formulación de películas de dicho polisacárido disminuye la permeabilidad al vapor de agua de la película resultante. Las películas formadas con la combinación de carragenina y lípidos son una opción interesante para la encapsulación de sustancias, como por ejemplo agentes antimicrobianos (Hambleton y *col.*, 2008; Campos y *col.*, 2011)

2.6 Películas de mezclas de polisacáridos

Las películas producidas con un solo tipo de material pueden presentar ciertos aspectos deseables, pero mostrar desventajas en otras áreas (Jia y *col.*, 2009). Por tal efecto, en algunas ocasiones los materiales deben ser mezclados para obtener las características requeridas. Cada película, dependiendo de su formulación, obtendrá propiedades diferentes (Liu y *col.*, 2006)

2.7 Películas comestibles basadas en carbohidratos

Entre los carbohidratos más empleados frecuentemente como base para formar películas comestibles se encuentran: maltodextrina, metilcelulosa, alginato y goma gelano (Díaz-Sobac y *col.*, 2001; Turhan y *col.*, 2001; Wong y *col.*, 1996 y Yang y Paulson., 2000).

2.8 Películas comestibles basadas en proteínas

Los estudios que se han realizado con proteínas, como base para fabricar películas comestibles, incluyen caseína, proteína de suero, gluten de

trigo y proteína de soja, entre otras (Avena-Bustillos y Krochta, 1993; Gagri y col, 2001; Goltard y col, 1993; Sabato y col, 2001).

2.9 Aplicaciones en alimentos de películas comestibles preparadas con polisacáridos

Las películas comestibles presentan varias opciones de usos y aplicaciones en alimentos. Además de funcionar como barreras, las películas pueden ser utilizadas para ser acarreadoras de saborizantes, nutracéuticos, agentes antimicrobianos, antioxidantes e ingredientes funcionales como vitaminas y minerales (Vargas y col., 2008). En general, se busca que las películas comestibles ayuden a disminuir el oscurecimiento, la deshidratación y pérdida de agua, conserven sabores y retarden la putrefacción por microorganismos de diversos alimentos (Rojas Graü y col., 2009).

Entre las aplicaciones estudiadas de películas de polisacáridos en el área de alimentos, esta su uso en la deshidratación osmótica, con el fin de disminuir la absorción de sólidos e incrementar la pérdida de agua (Dehghannya y col, 2006).

2.10 Carragenina

La carragenina es un hidrocoloide extraído de algas marinas rojas de las especies *Gigartina*, *Hypnea*, *Eucheuma*, *Chondrus* e *Iridaea*. En la figura 2 podemos observar la estructura molecular de la carragenina.

- 1) Heteropolisacárido
- 2) Algas rojas – D-galactosa
- 3) 3,6-anhidrogalactosa
- 4) Unidas alternadamente a(1,3) y b(1,4)
- 5) Esterificadas con grupos sulfato 15 -40%

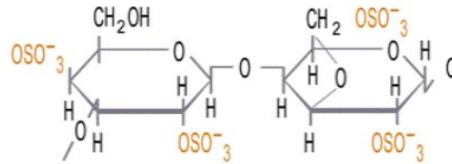


Figura 2. Estructura molecular de la carragenina

Fuente: Ponce, 2014

2.11 Estructura y propiedades físico-químicas

- I. **Kappa:** gel rígido, quebradizo, termorreversible, alta fuerza de gel, presenta sinéresis.
- II. **Iota:** gel elástico, termorreversible, no presenta sinéresis, propiedad tixotrópica.
- III. **Lambda:** soluble en frío, no gelificante, produce altas viscosidades.

2.11.1 Proceso de producción

- i. **Semi-refinada:** gel opaco, con mucha celulosa y fibra, bajo grado de pureza.
- ii. **Refinada:** gel claro, transparente, alto grado de pureza.

2.11.2 Extracción

Las carrageninas son hidrocoloides extraídos de algas marinas rojas de algunos miembros de la familia Rhodophyceae. Proviene de las costas de diversos países como Francia, Chile, Brasil, Senegal, Indonesia, Las Filipinas, Marruecos, Argentina y Perú.

La producción de carragenina (240 millones de dólares EE.UU.) se basaba al principio en las algas marinas silvestres, en particular el musgo perlado, que es una pequeña alga que crece en aguas frías con una base de recursos limitada. Sin embargo, desde los primeros años del decenio de 1970 la industria ha crecido rápidamente a causa de la disponibilidad de otras algas que contienen carragenina. La siguiente figura muestra las operaciones para extracción de carragenina.



Figura 3. Proceso de extracción de algas marinas.

2.12 Materia prima

La carragenina es obtenida de diversos géneros y especies de algas marinas de la clase *Rhodophyta*. El contenido de carragenina en las algas varía de 30% a 60% del peso seco, dependiendo de la especie del alga y de las condiciones marinas tales como luminosidad, nutrientes, temperatura y oxigenación del agua (Porto, 2003).

2.13 Funcionalidad y aplicaciones

Las aplicaciones de la carragenina están concentradas en la industria alimentaria. Las aplicaciones pueden ser divididas en sistemas lácticos, acuosos y bebidas. Sin embargo, ya existen actualmente otras diversas aplicaciones de carragenina para una gran variedad de aplicaciones industriales. La carragenina posee diversas funciones de acuerdo con su aplicación: gelificación, espesamiento, estabilización de emulsiones, estabilización de proteínas, suspensión de partículas, control de fluidez y retención de agua (Porto, 2003).

2.14 Industria alimentaria

- a) **Productos lácticos:** Helados, chocolateados, flanes, pudines, crema de leche, yogures, postres cremosos, quesos, postres en polvo, leche de coco.
- b) **Dulces y confituras:** Postres tipo gelatina, jaleas, dulces en pasta, caramelos de goma, confites, merengues.

- c) **Productos cárnicos:** Jamón, mortadela, hamburguesa, patés, aves y carnes procesadas.
- d) **Bebidas:** Clarificación y refinación de zumos, cervezas, vinos y vinagres, jarabes, zumos de fruta en polvo.
- e) **Panificación:** Coberturas de tartas, rellenos de tortas, masas de pan
- f) **Salsas y sopas:** Salsas de ensalada, en polvo, sopas en polvo, mostaza, salsa blanca, salsas listas para pastas (Porto, 2003).

2.15 Aceite de oliva

El aceite de oliva es un compuesto complejo constituido por ácidos grasos, vitaminas, componentes solubles en agua y pequeños trozos de oliva. Los ácidos grasos primarios del aceite de oliva son el oleico y el ácido linoléico. El ácido oleico es monoinsaturado es el componente del aceite de oliva en un 55 a 85%. El ácido oleico es obtenido a partir de la aceituna, el fruto del árbol de olivo, ya sea de forma mecánica o física. El aceite de oliva no sufre ningún tratamiento a excepción del lavado, decantado, centrifugación y filtrado (Tawil, 2003). El cuadro 3 muestra las características del ácido oleico.

Cuadro 3. Características del ácido oleico

Acido oleico
Uso funcional en alimentos
Aditivo de grado alimenticio
Agente antiespumante
Lubricante
Atador

Fuente: Tawil, 2003

El aceite de oliva virgen tiene muchas propiedades y elementos beneficiosos para el organismo. Los polifenoles son uno de los componentes más apreciados del aceite de oliva gracias a su acción antioxidante y a los recién descubiertos efectos beneficiosos en la prevención y lucha contra las enfermedades cardiovasculares como la aterosclerosis.

2.16 Sorbato de potasio

Los antimicrobianos más empleados para la preservación de los productos son sorbatos y benzoatos. Para asegurar la estabilidad microbiológica del producto, se debe tener en cuenta que el preservador se particiona entre las fases acuosa y oleosa y, por ende, no se encuentra en su totalidad disponible para ejercer su acción como antimicrobiano (Kurup y col. 1991a).

El sorbato de potasio es la sal de potasio del ácido sórbico ampliamente utilizado en alimentación como conservante. El ácido sórbico se encuentra en forma natural en algunos frutos. Comúnmente en la industria

alimenticia se utiliza el Sorbato de Potasio ya que este es más soluble en agua que el ácido sórbico, es un conservante fungicida y bactericida.

Dentro de sus aplicaciones más comunes se encuentran:

- I. Pasteles y pastas
- II. Dulces
- III. Concentrados para bebidas
- IV. Bebidas con y sin gas
- V. Salsas de mesa
- VI. Cosméticos y cuidado personal

En investigación se ha demostrado que el sorbato posee una amplia actividad antimicrobiana que se extiende a muchas especies bacterianas que participan en la alteración de carnes y pescados.

Esta última propiedad es especialmente eficaz para retardar la toxigenesis del *Clostridium botulinum* en tocino y pescado fresco refrigerado y envasado en atmósferas modificadas (Fennema y col., 2000)

2.17 Generalidades del chile

En el caso particular del chile (*Capsicum* spp), existen cinco especies cultivadas (*C. annum*, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. baccatum*) y alrededor de 25 silvestres y semicultivadas (Hernández-Verdugo y col., 1999). Por la extensión de su cultivo y el valor económico que representa su producción, *C. annum* es la especie cultivada más importante en todo el mundo, y es en México donde se encuentra la mayor diversidad. Por otro lado,

en el ámbito nacional solo algunos tipos de chile del país son ampliamente conocidos, entre los que se pueden mencionar los chiles Jalapeño, Ancho, Guajillo, Pasilla, Serrano, Manzano, Habanero, de Árbol y Piquín. La mayor parte de la diversidad, solo es conocida y utilizada a nivel regional o local (Laborde y Pozo, 1984; Pozo y col., 1991).

La amplia aceptación que tiene esta especie se debe a las características de picor, sabor, aroma, etc, indispensables en la elaboración de lo comida mexicana y de otro países, además de sus diversos usos en aspectos religiosos, medicinales e industriales entre otros (Bosland, 1996)

2.17.1 Definición de chile

El fruto es una baya de pulpa firme amarilla o roja en su madurez.

En la figura 4 se muestran las partes principales que integran el chile

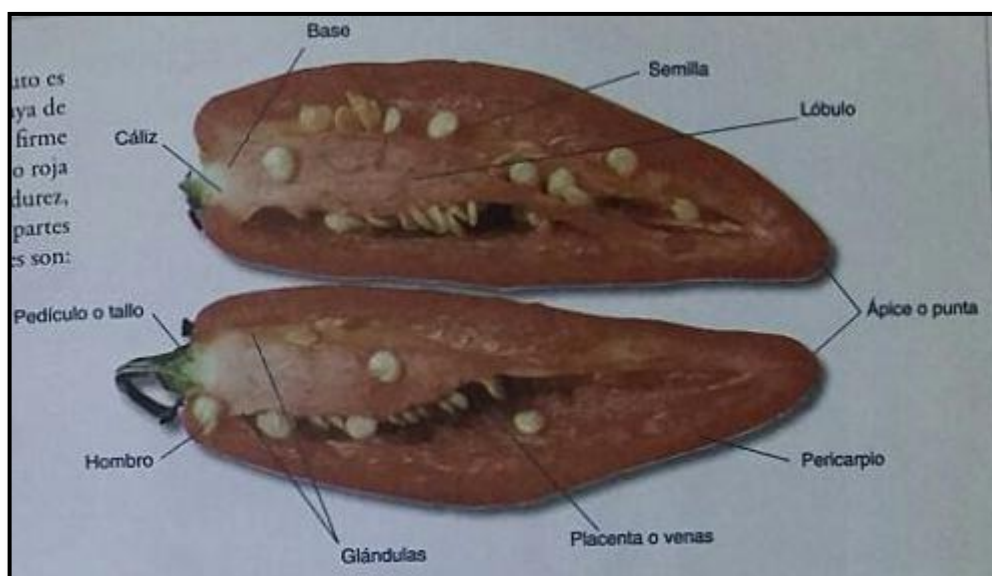


Figura 4. Partes principales del chile

Fuente: SINAREFI, 2010.

2.17.2 Chile serrano

El serrano es un chile cuyo color va del verde mediano al oscuro, pequeño, que al madurar se vuelve rojo brillante. Las nuevas variedades son un poco más grandes, de unos 5 cm de largo y 1 cm de ancho y varían de picante a muy picante dependiendo de la variedad.

2.17.3 Etimología

El nombre del chile proviene del náhuatl *chilli*, en tanto que su sinónimo *ají*, tan usado en España y en muchos países de Latinoamérica, tiene su origen en el arahuaco, dialecto caribeño. Capsicum significa “diseminar”

2.17.4 Origen

La mayoría de las especies de chile actualmente cultivadas se consideran originarias de América tropical, por ello, buena parte de nuestros paisanos cree, de manera equivocada, que tenemos el monopolio del chile. Si bien es cierto que esta planta es de origen americano y sobre todo mexicano, hoy en día el consumo del chile se extiende prácticamente al mundo entero.

El chile serrano es fuente de Vitamina A y C, de igual manera, es un alimento que incluye potasio a la alimentación de los mexicanos. En el cuadro 4, se muestra el contenido nutricional del chile serrano de una porción de 100 g.

Cuadro 4. Composición nutricional del chile serrano en base a 100g

Chile serrano	por 100 g
Energía	134 kj 32 kcal
Proteína	1,74 g
Carbohidrato	6,7 g
Fibra	3,7 g
Azúcar	4,06 g
Grasa	0,44 g
Grasa Saturada	0,059 g
Grasa Poliinsaturada	0,222 g
Grasa Monoinsaturada	0,023 g
Colesterol	0 mg
Sodio	10 mg
Potasio	305 mg

Fuente: Fatsecret, 2016

2.18 Características

Es una planta de comportamiento anual en zonas templadas y perennes en las regiones tropicales. De tallos erectos, herbáceos y ramificados de color verde oscuro, su sistema de raíces llega a profundidades de 0.70 a 1.20 m.

- a) La altura promedio de la planta es de 60 cm.
- b) Las hojas son planas, simples y de forma ovoide alargada.
- c) Sus flores son hermafroditas de color blanco y a veces púrpura.
- d) El color verde de los frutos se debe a la alta cantidad de clorofila acumulada.
- e) Los frutos maduros toman color rojo o amarillo debido a pigmentos (licoperisina, xantofila y caroteno).
- f) La picosidad (pungencia) es debida al pigmento capsicina

2.18.1 Usos y propiedades

El chile juega un papel importante en la alimentación ya que proporciona vitaminas y minerales. Los chiles no sólo están asociados a los antojitos, sino que se vinculan a la medicina, a la industria alimenticia, a la de los colorantes y cosméticos y a la de los embutidos, entre otras. En efecto, el componente activo del chile es una oleorresina llamada capsicina, demandada en la preparación de ciertas carnes frías como saborizante, en la fabricación de cigarrillos, en la agricultura como repelente y en la ganadería menor contra mamíferos depredadores, como sustancia activa de las pinturas marinas para rechazar la adherencia de caracolillos, como estimulante en la industria farmacéutica y como colorante en la industria de alimentos balanceados en sustitución de la flor de cempasúchil.

2.18.2 Panorama del chile en México

En México se siembran más de 160 mil hectáreas de chile tanto para consumo en seco como en fresco, de las cuales, 20 mil corresponden al serrano, que es uno de los tipos de chile con mayor demanda para el mercado de consumo en fresco (SIACON, 2005). En chile serrano, el 100% del área se establece con variedades mejoradas, y de éstas, más del 50% del área corresponde a siembras o plantaciones con la variedad de polinización libre Tampiqueño-74 desarrollada por el INIFAP a inicios de la década de los 70's (Mora, 1976). Esta variedad presenta buenas características de calidad de fruto, sin embargo, tiene un ciclo muy largo de siembra a inicio de cosecha (125 días), y presenta una producción muy escasa durante el primer mes de corte y

aumenta lentamente conforme avanza el ciclo, alcanzando su máximo potencial alrededor de los 170 días después de la siembra (Pozo, 1981). Lo anterior causa que el cultivo esté expuesto por mayor tiempo al daño de plagas y enfermedades; sobre todo a insectos vectores de enfermedades de tipo viral, lo que propicia riesgos de producción y eleva los costos por concepto de prevención y control.

2.18.3 Producción nacional de chile en México

En el cuadro 5. Se muestra la producción de chile nacional en México por especie, haciendo énfasis que el chile serrano ocupa el tercer lugar.

Cuadro 5. Producción nacional de chile por especie en 2012

Estado	Valor		Volumen	
	mdp	Participacion	Miles de Toneladas	Participacion
Verde Jalapeño	3,032.6	22.8%	722.9	37.3%
Verde Bell Pepper	2,040.4	15.4%	358.6	18.5%
Verde Serrano	1,118.0	8.4 %	189.3	9.8%
Seco Mirasol	1,040.5	7.8%	34.9	1.8%
Verde Poblano	973.6	7.3%	198.6	10.2%
Seco Ancho	899.4	6.8%	21.1	1.1%
Verde Morrón	498.	3.8%	45.6	2.4%
Resto del pais	3681.2	27.7%	367.5	19.0%
Total Nacional	13,264	100.0%	1938.6	100.0%

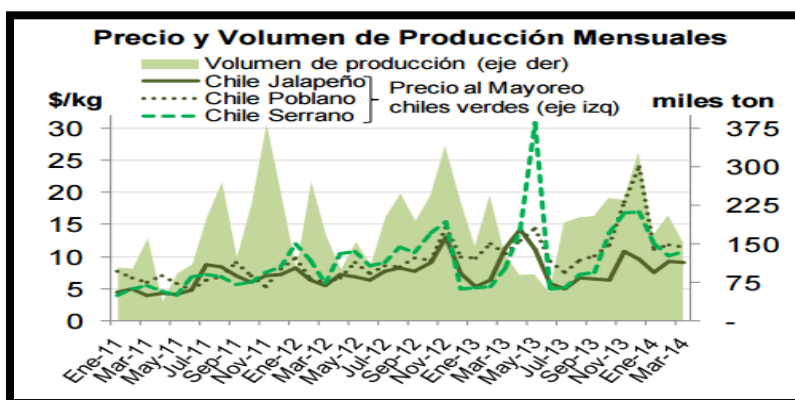
Fuente: SIAP-SAGARPA, 2014

2.19 Clasificación de chiles

Los chiles se clasifican en verdes y secos dependiendo de la variedad, éstos últimos se someten a un proceso de deshidratación para su venta. En nuestro país se conocen cerca de 90 variedades aunque sólo cerca de 30 dominan el mercado, como el jalapeño que participa con el 22.8% del valor de producción, bell pepper (15.4%), serrano (8.4%), seco mirasol (7.8%), poblano (7.3%) y seco ancho (6.8%).

En la figura 5, se muestra el precio y volumen de producción mensual de chiles, señalando que el chile serrano tiene un volumen de producción significativo comparado con el chile poblano y jalapeño.

Figura 5. Precio y volumen de producción mensual de chiles



Fuente: SIAP-SAGARPA y SNIIM, 2014

2.20 Plagas del chile serrano

Las plantas de chile serrano son atacadas por varias plagas que causan daños económicos de consideración cuando no se les controla oportunamente. Los daños consisten en pérdidas en la producción y en una baja calidad de los frutos. A continuación se proporcionan información de las principales plagas que atacan al cultivo.

- a. Barrenillo del chile (*Anthonomus eugenii*)
- b. Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*)
- c. Pulgón Verde (*Myzus persicae*)
- d. Minador de la hoja (*Liriomyza spp*)
- e. Araña roja (*Tetranychus spp*)
- f. Gusano soldado (*Spodoptera exigua*)

2.21 Enfermedades virales

Las enfermedades causadas por virus ocasionan con frecuencia pérdidas considerables al cultivo, llegando a ocurrir en ciertos años pérdidas totales. En la región se han identificado todos los virus reportados en México para el cultivo de chile, sobresaliendo el virus rizado amarillo también conocido como geminivirus y enchinamiento, virus mosaico del tabaco y virus mosaico del pepino, los cuales son transmitidos principalmente por mosquita blanca y pulgón verde. Se encuentra una enfermedad más marchitez del chile esta es causada por un complejo de hongos entre los que se encuentran *Fusarium*, *Phytium*, *Rizoctonia* y *Phytophthora*.

2.22 Cosecha

Alrededor del mundo gran parte de los chiles son cosechados de manera manual, separándolos con cuidado de la planta, pues es la única manera de asegurar la calidad del fruto es desecharlo inmediatamente como son los defectuosos y de mala calidad, además de que los cosechadores van eliminando las ramitas y hojas secas que tengan las plantas.

No solo la calidad del producto es mejor con la cosecha a mano sino que también se registra un índice más alto de producción por cosecha, debido a que las plantas se maltratan mucho menos que con las cosechadoras mecánicas. La cosecha se debe levantar por las mañanas cuando no haya roció, para que los chiles no estén húmedos. También puede hacerse por las tardes, cuando el sol ya no es muy fuerte.

Hay, sin embargo, maquinaria que ayuda a la cosecha manual del chile, en la que los cosechadores van sentados, en vez de caminar, y sólo se deben agachar un poco para recoger los frutos, que se depositan sobre una banda de hule que los concentra en recipientes protegidos del sol.

Las cosechadoras de chile son de dos tipos: las que cortan los frutos de las plantas, y las que arrancan las plantas completas para después quitarles los chiles; sin embargo todavía no se ha desarrollado una maquina realmente adecuada.

2.23 Índices de calidad del chile

Un chile fresco de buena calidad es de color intenso, consistencia firme, apariencia brillante, con paredes succulentas, gruesas y el cáliz verde y fresco. Los frutos con consistencia suave, paredes delgadas y color pálido no cumplen los requisitos de calidad.

La mayor preocupación en el manejo de los chiles frescos es la pérdida de humedad. Un chile que ya no tiene el nivel de humedad necesaria pierde firmeza, color, y termina por pudrirse. Una vez cortados, los chiles se deshidratan muy rápidamente, por lo que los frutos deben ponerse en refrigeración tan pronto como sea posible.

2.23.1 Recepción

La empacadora debe contar con un sistema de recepción de cosechas que determina si la calidad es aceptable, el inicio del empaque es rápido y hay un preenfriado (preferiblemente de aire forzado que utiliza un desinfectante autorizado y una humedad relativa entre 90% y 95%) que reduce el calor de campo lo más antes posible.

2.23.2 Condiciones óptimas de almacenamiento

Si los chiles no se almacenan en un lugar frío o fresco después de una o dos horas de cosechados, empiezan a perder agua y se vuelven suaves. En su mayoría, los chiles frescos pueden ser almacenados de dos a tres semanas si se mantienen a una temperatura de 7 a 10 grados centígrados, con una humedad relativa 85 y 90%. El enfriamiento excesivo,

por debajo de los 4 grados centígrados, puede causar que los frutos se suavicen y posteriormente se pudran.

2.23.3 Etiquetado

Para el marcado o etiquetado se recomienda tener en cuenta las disposiciones establecidas en las normas oficiales mexicanas NOM-030-SCFI-1993 y NOM-051-SCFI-1994. Información en etiquetas y sellos en envases

1. Número de registro del huerto
2. Número de registro de la empacadora
3. Nombre de la empacadora y domicilio
4. Declaración: “Chile en estado fresco”
5. Identificación simbólica del chile en estado fresco
6. Exportador: Región donde se cultiva o denominación nacional, regional o local
7. Leyenda restrictiva respecto a los destinos autorizados
8. Tamaño y/o denominaciones homólogas (en caso de calibrado) expresado por el tamaño mínimo y máximo
9. Fecha de envasado
10. Designación del producto
11. Contenido neto en gramos o kilogramos, mediante el uso de sus símbolos g y kg y/o en las unidades requeridas por el cliente.

2.23.4 Empacado

- Las condiciones de empacar los chiles son las siguientes:
- Homogéneos de acuerdo con su variedad, grado de calidad, tamaño, color, forma, origen, etc.
- Acomodados para asegurar su protección durante el transporte al destino final tomando en cuenta la presencia de pedúnculos para evitar daños que causarían
- Utilizar materiales de cartón o plástico exentos de material extraño, daños, con las dimensiones adaptadas a las condiciones de transporte y demandas del cliente, y con ventilación adecuada
- El uso de materiales, especialmente papel, sellos, que lleven especificaciones comerciales, está permitido siempre y cuando la impresión o el etiquetado se realice con tintas o pegamentos no tóxicos

2.23.5 Embalaje

Debe estar de acuerdo con las normas del fabricante de las materiales de empaque de

- Verticalidad
- Tarimas de 40x48 pulgadas
- Flejes metálicos o malla de plástico
- Esquineros de plástico, cartón o madera

2.23.6 Transporte

El vehículo que lleva el producto empacado a su destino debe estar en buen estado con una caja:

- a) No porosa, desinfectable, y dedicada al transporte de frutas y hortalizas frescas
- b) La caja refrigerada, desinfectada, cerrada y sellado en la empacadora
- c) Temperatura de 7 – 13 °C
- d) Humedad relativa de 90 – 95 %

2.23.7 Defectos comunes de poscosecha

Según Arias (2000) algunas de las causas de pérdidas más comunes durante la cosecha son; personal no calificado, estado de madurez inadecuado, selección deficiente del producto, cajas cosecheras inapropiadas, daño mecánico, momento inoportuno de cosecha, periodo excesivo de cosecha, exposición del producto al sol, permanencia excesiva del producto cosechado en el campo, condiciones sanitarias deficientes, entre otras.

La medida de las pérdidas de los productos hortícolas, durante la poscosecha y las operaciones de venta son considerables (Wills, y col 1998). Todo esquema u organización de trabajo que dirija a una reducción de las veces que un producto es manipulado, reducirá costos y contribuirá a disminuir las pérdidas de calidad (López, 2003). El daño mecánico es muy común en los chiles (aplastamiento, perforaciones causadas por astillas, raspaduras, etc.), el

daño físico no sólo afecta a la calidad visual de los chiles sino que conlleva una mayor pérdida de peso y pudriciones.

2.23.8 Consideraciones especiales

La pungencia o “picor” de los chiles picantes es debido al contenido en capsaicinoides (el principal la capsacina) y la pungencia varía según el cultivar y las diferencias genéticas. Los factores ambientales y el estado de madurez pueden también afectar a las concentraciones de capsaicinoides. Si los chiles son conservados en un rango de temperaturas adecuado para mantener la calidad comercial, también mantienen el contenido en capsacina.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

El estudio experimental se llevo a cabo en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el Laboratorio 1 del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

3.1 Elaboración de la película comestible a base de carragenina con aceite de oliva

3.1.1 Preparación de la película

Se preparó 200 mL de la formulación de la película comestible con 1.5% de carragenina, 0.1% de Tween al 80%, 0.5% de sorbato de potasio 0.3% glicerol, y 0.1% aceite de oliva. En una parrilla de calentamiento en agitación a 400 rpm se colocaron 200 mL de H₂O destilada a una temperatura de 50-60°C posteriormente se agregó el sorbato de potasio y el glicerol, de manera que se incorporara cada reactivo. A continuación se agrego el reactivo de Tween a la solución mientras se mantenía en agitación y se agrego el aceite de oliva, por ultimo se adiciono la carragenina, se mantuvo en agitación hasta obtener una dilución sin grumos, se deajo enfriar para después ser aplicada a los chiles.

3.1.2 Preparación de la muestra y aplicación de la película de carragenina con aceite de oliva sobre los chiles serranos

Los chiles serranos fueron obtenidos de una tienda comercial en la ciudad de Saltillo, los cuales fueron seleccionados de acuerdo a su estado de madurez, tamaño y color, sin daños visibles. Las muestras se lavaron y se desinfectaron con una solución clorada 200 ppm y dejándolos secar con ventilación durante 24 horas.

La película de carragenina fue aplicada sobre los chiles por el método de aspersión. Las muestras se dejaron secar por varias horas a temperatura ambiente y con ventilación, para después ser utilizadas en cada uno de los análisis.

3.2 Evaluación de parámetros físicos de calidad

3.2.1 Pérdida de peso

Se estudio la pérdida del peso de la muestra con y sin recubrimiento (tres frutos de cada grupo) durante su almacenamiento, a una temperatura de $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ en los días 0, 5, 10, 15, 20, 25 con una balanza digital Sartorius Electronic Toploader (1006 MP9 USA).

3.2.2 Firmeza

La determinación de firmeza se realizó con un penetrómetro (Figura 6), usando una puntilla de 10 mm de ancho. Se midió en la zona ecuatorial del fruto con cáscara tomando tres lecturas de cada muestra, los resultados se expresaron en Newtons (N). La firmeza se estudio con penetrómetro digital Force Gauge (PCE-PTR 200, PCE group, Albacete, Castilla de la mancha España).



Figura 6. Penetrómetro para determinación de firmeza de chile.

3.2.3 Color

La determinación de color se realizó con un colorímetro Minolta CR-400 (Minolta corp, Ramsey, U.S.A.). El equipo proporciona tres resultados de color que son; L* (componente negro-blanco, luminosidad) y coordenadas de cromaticidad a* (componente +rojo a -verde) y b* (componente +amarillo a - azul). La evaluación del color se realizó sobre el fruto entero tomando tres lecturas de cada muestra sobre el eje ecuatorial de la corteza del fruto obteniendo un promedio.

3.3 Evaluación de parámetros químicos de calidad

3.4 Sólidos solubles totales (SST)

Las muestras con y sin recubrimiento de película de cada grupo, se molieron en un mortero, hasta obtener el jugo. Después se colocó una gota de jugo hasta que cubriera totalmente el orificio del refractómetro manual, el equipo se calibró con agua destilada tomando la lectura de las tres muestras de cada grupo, el contenido de SST se reporto como °Brix. La determinación de sólidos solubles totales se hizo con un refractómetro ATAGO (Figura 7) (ATAGO, Bellevue, WA, U.S.A)



Figura 7. Refractómetro para la determinación de sólidos solubles totales.

3.5 Acidez titulable (AT)

La acidez titulable se realizó, obteniendo el jugo de los tratamientos con y sin película, el jugo obtenido se filtro a través de un embudo de filtración, se tomo una muestra de 10 mL, posteriormente se añadió el indicador de fenolftaleína. Se titulo con hidróxido de sodio NaOH 0.01N. El porcentaje de acido presente en la muestra se calculo con la siguiente formula.

$$\text{Ácido cítrico}(\%) = \frac{V \times N \times \text{Meq}}{\text{álicuota valorada}} \times 100 \text{ (Ec.1)}$$

Donde:

V= Volumen de NaOH gastados en mL.

N= Normalidad del NaOH.

Meq= Miliequivalente del ácido que se encuentra en mayor proporción de la muestra (0.064 para ácido cítrico).

Alícuota valorada= Peso en g o volumen de la muestra en mL.

3.6 Vitamina C

Se utilizaron 20 g de muestra y se colocaron en un mortero, se trituraron adicionando 10 mL de HCl al 2% hasta que se obtuvo una consistencia de papilla (figura 8). Posteriormente se agregaron 100 mL de agua destilada para homogenizar y se filtró el contenido a través de una gasa en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Se tomo una alícuota de 10 mL del filtrado colocándolos en un matraz Erlenmeyer de 125 mL. La muestra fue titulada con el reactivo Thielmann hasta la aparición de una coloración rosa.



Figura 8. Mortero con muestra para determinación de vitamina C.

El contenido de vitamina C presente en la muestra se calculó de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{Vitamina C} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \frac{\text{VRT} \times 0.088 \times \text{VT}}{\text{VA} \times \text{P}} \times 100 \text{ (Ec.2)}$$

Donde:

VTR= volumen gastado en mL del reactivo Thielmann

0.088= miligramos de ácido ascórbico equivalentes a 1 mL de reactivo Thielmann.

VT = volumen total en mL del filtrado de vitamina C en HCl.

VA = volumen en mL de la alícuota valorada.

P= peso de muestra en gramos.

3.7 Clorofila

La determinación se inicio pesando 2.5 g de muestra finamente picada colocándola en un vaso de precipitado de 50 mL (Figura 9) y agregando acetona al 85% hasta cubrir la muestra, cubriéndola con papel aluminio y dejarla reposar por 24 horas en refrigeración

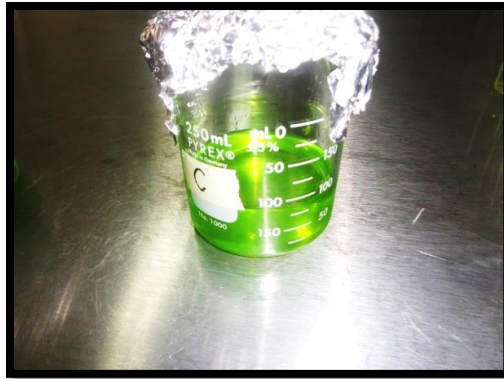


Figura 9. Vaso de precipitado con muestra de chile para determinación de clorofila.

Después del tiempo transcurrido los tratamientos con y sin películas son colocados en un mortero para ser triturados. El líquido obtenido es transferido a un matraz de aforación de 100 mL, este es aforado con acetona al 85%. El líquido es colocado en una celdilla para espectrofotómetro, haciendo tres lecturas a 642 nm y 660 nm, utilizando como blanco acetona al 85%. La lectura de absorbancia se realizó en un espectrofotómetro GENESYS 10 W. Thermo Electron Madison (5311USA).

El contenido de clorofila total, clorofila a y b, fueron calculadas con las siguientes formulas:

Donde:

Abs= Absorbancia

W= Peso de la muestra en g

Subíndices 642nm y 660 nm = Longitud de onda

Clorofila total (Ec.3)

$$\left(\frac{mg}{g} = (7.12 \times Abs_{660nm}) + (16.8 \times Abs_{642nm}) \right) / 10 \times W$$

Clorofila a (Ec.4)

$$\left(\frac{mg}{g} = (9.93 \times Abs_{660nm}) - (0.777 \times Abs_{642nm}) \right) / 10 \times W$$

Clorofila b (Ec.5)

$$\left(\frac{mg}{g} = (17.6 \times Abs_{642nm}) - (2.81 \times Abs_{660nm}) \right) / 10 \times W$$

3.8 Respiración

La respiración de las muestras se analizaron periódicamente en un sistema cerrado herméticamente. Las muestras se distribuyeron al azar en frascos de vidrio con capacidad de un litro a una temperatura ambiente ($20 \pm 2^{\circ}\text{C}$). Las muestras de gas se tomaron del frasco con la inserción de una aguja en el septa que está en el centro de la tapa del frasco. La aguja está conectada al analizador de gas de CO_2/O misma observacion(PBI Dansenor gas analyzer, Checkmate II, Denmark) (Figura 10). Los resultados en porcentaje de CO_2 se utilizaron en el

cálculo de la velocidad de respiración ($\text{mL kg}^{-1}\text{h}^{-1}$), utilizando la siguiente

ecuación:
$$R_{\text{CO}_2} \left(\frac{\text{mL}}{\text{kg h}} \right) = \frac{\text{CO}_2}{W \times t \times VL} \quad (\text{Ec.6})$$



Figura 10. PBI Dansensor gas analyzer, Checkmate II, Denmark

3.9 Modelo estadístico

El modelo estadístico lineal a emplear es el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, 3, \dots, a. \\ j = 1, 2, 3, \dots, b. \\ k = 1, 2, 3, \dots, n. \end{cases}$$

Donde:

μ = la media general.

τ_i = efecto del i – ésimo nivel del renglón A

β_j = efecto del j – ésimo nivel del renglón B

$(\tau\beta)_{ij}$ = es el efecto de interacción entre τ_i y β_j

ε_{ijk} = error aleatorio

Los datos obtenidos de los tratamientos se analizaron en el software estadístico

Minitab 16 donde se obtuvo el ANVA de cada variable.

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Evaluación de los parámetros físico- químicos de calidad

El estudio de los parámetros físico-químicos de calidad que se determinaron en la etapa experimental se analizaron con un programa estadístico Minitab 16, con un diseño bifactorial. En él se realizaron pruebas usando tres variables diferentes para la determinación de pérdida de peso, firmeza y color (L^* , a^* y b^*). En los tratamientos de pruebas químicas se evaluaron; sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), vitamina C, clorofila y respiración. Los factores utilizados fueron recubrimiento con y sin película, y el tiempo de evaluación.

4.2 Pérdida de peso

La pérdida de peso en los frutos es causada por la transpiración o deshidratación, es decir los frutos pierden agua. El análisis estadístico bifactorial muestra significancia ($P=0.05$) como lo podemos observar en la figura 11, el comportamiento de la película tiene mejor desempeño en comparación con el testigo lo cual indica que, al menos uno de los tratamientos produce diferentes efectos sobre la pérdida de peso durante el mes de evaluación. Díaz y col. (2006) mencionan que hay una pérdida de peso del 26% en frutos de *C. annuum* a través del cáliz. Esto podría explicar una pérdida de agua lo que reduce el peso de los frutos en estudio. Por lo cual al menos uno de los tratamientos produce diferente efecto sobre los chiles serranos.

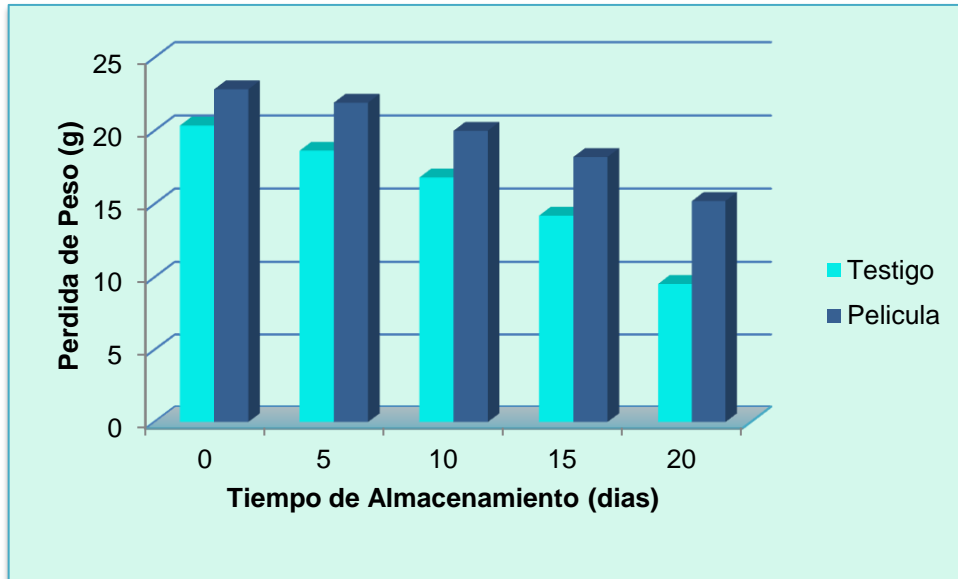


Figura 11. Pérdida de peso

4.3 Color

La evaluación se realizó en los parámetros (L^* , a^* , y b^*) el color se mide de acuerdo al porcentaje de coloración que presente la superficie del fruto.

4.3.1 Luminosidad (L^*)

En el experimento realizado se presentó diferencia significativa ($P=0.05$) en efecto a la luminosidad en el periodo de evaluación, esto nos indica que al menos uno de los tratamientos produce diferente efecto sobre los chiles serranos. En la figura 12 se puede observar que los valores de luminosidad de la película son más representativos comparados con el testigo, ya que estos presentaron un tono opaco.

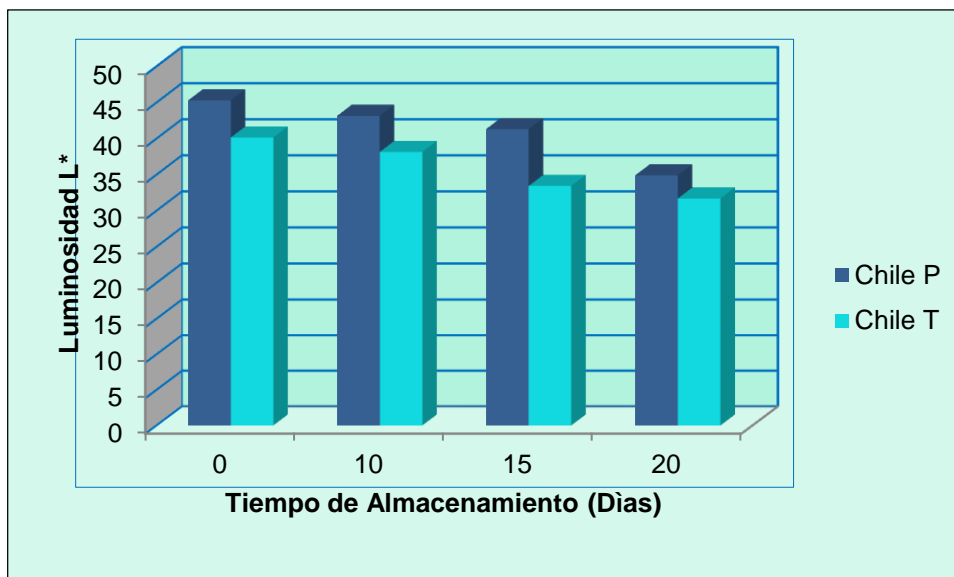


Figura 12. Colorimetría parámetro L*

La luminosidad se mide a rangos de color (L^* , $L^*=0$ rendimientos negro y $L^*=100$ indica blanca) a mayor valor numérico más coloración y brillo, y a menor valor numérico hay opacidad. Se obtuvo que la aplicación de la película beneficia a los chiles en el brillo que presentaron durante los 20 días comparando con el testigo, el color está dado por varios pigmentos constituyendo un factor de calidad el cual atrae al consumidor.

En la coordenada a^* hubo diferencia significativa ($P=0.05$) respecto al tiempo, y el recubrimiento. Por lo tanto al menos un tratamiento produce diferente efecto. Se puede observar en la figura 13 que el recubrimiento actúa de manera positiva en el color del chile disminuyendo de manera lenta a los cambios de color comparado con el testigo que presenta más deterioro pasando a la fase roja.

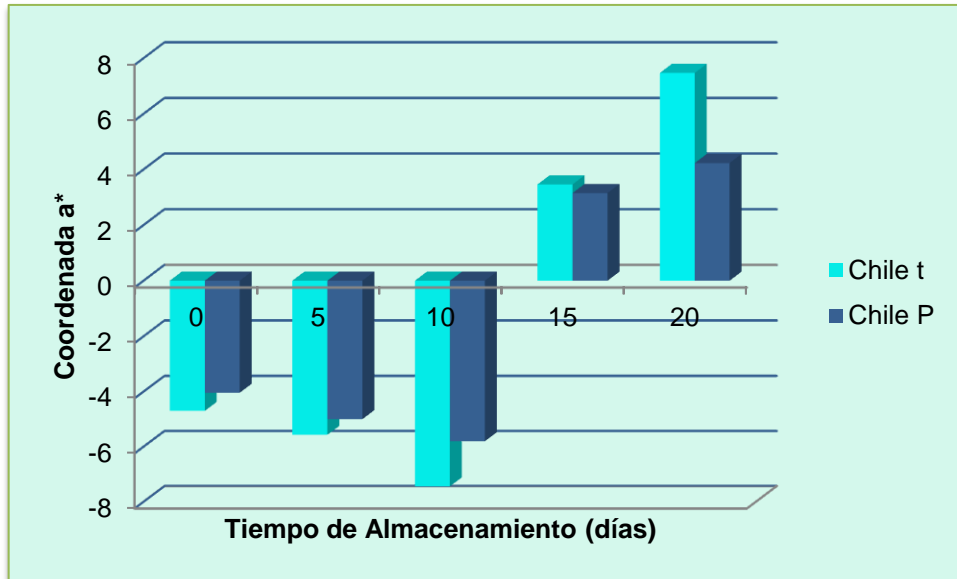


Figura 13. Colorimetría coordenada a*

Respecto a los valores de la coordenada **b*** presentó diferencias significativas ($P=0.05$) de acuerdo al tiempo, Por lo tanto al menos un tratamiento produce diferente efecto sobre el color **b***. En la figura 14 podemos observar que el tono de coloración amarilla descendió de manera más rápida en el testigo comparado con la película que permaneció constante su coloración.

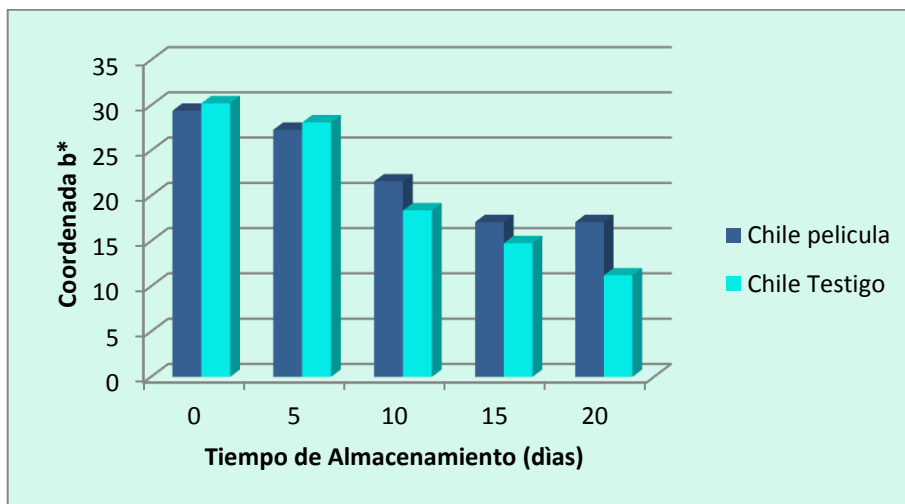


Figura 14. Colorimetría coordenada b*

4.4 Firmeza

La firmeza de la pulpa está relacionada con la madurez y esta se ve reflejada en la degradación de la pared celular. En el análisis de varianza se muestra una diferencia significativa ($P=0.05$) en relación al tiempo y el tipo de recubrimiento aplicado, en la figura 15 se observa que a los días con el recubrimiento hay un mejor cambio en la firmeza comparado con el testigo sin recubrimiento.

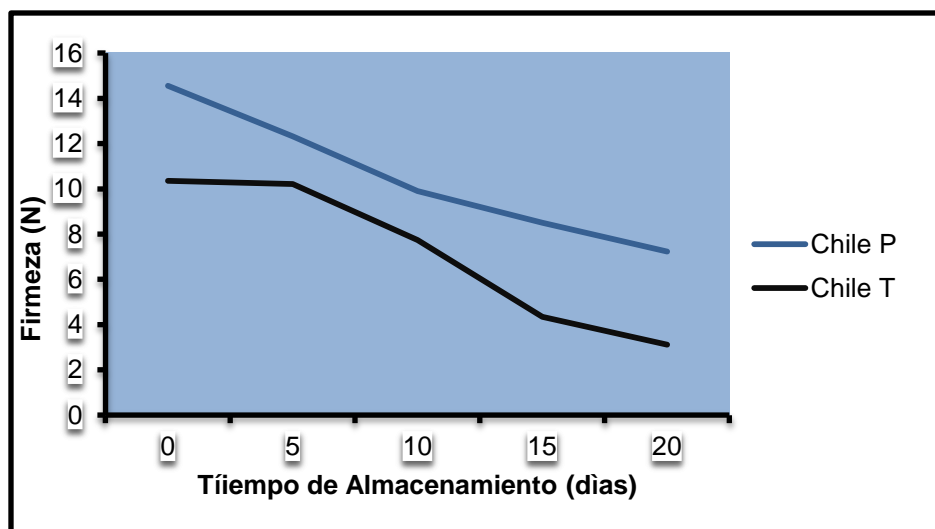


Figura 15. Firmeza

Wei y col. (2010) mencionan que la pérdida de firmeza o ablandamiento de los frutos durante la maduración está asociada con la actividad de varias enzimas de la pared celular

La firmeza de la pulpa es uno de los índices de calidad más importantes para la debida comercialización, por ser de fácil y rápida medición, además de estar relacionada con la madurez. Asimismo puede indicar si la

fruta ha experimentado cualquier tipo de deterioro físico, y se trata de uno de los aspectos más trascendentales en el que los consumidores establecen su decisión de compra.

4.5 Contenido de sólidos solubles totales (SST)

La cantidad de azúcares son determinados por la cantidad de sólidos solubles totales.

En el análisis de varianza realizado se mostro una diferencia significativa ($P=0.01$) respecto al tiempo de almacenamiento, los valores de azúcar se incrementaron en ambos tratamientos. Y la madurez se reflejo de manera más rápida en los testigos aumentando los azúcares en los 20 días de evaluación figura 16.

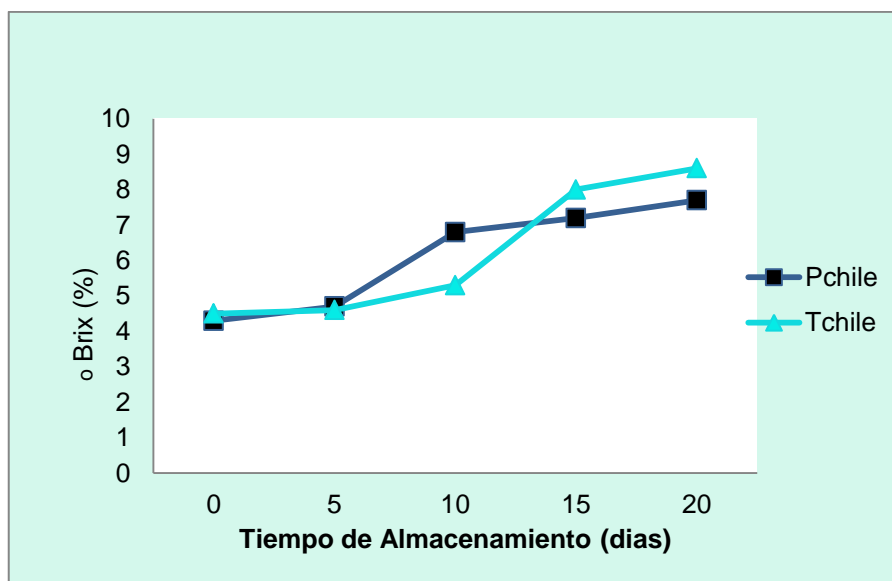


Figura 16. Sólidos solubles totales (SST)

Se obtuvo que la aplicación del recubrimiento no afectó la cantidad de sólidos solubles totales en el chile, en cambio actuó de manera positiva respecto al tiempo por lo tanto al menos uno de los tratamientos produce diferente efecto sobre la cantidad de SST en chiles serranos.

4.6 Acidez titulable

De acuerdo al análisis estadístico y el análisis de varianza realizado ($P=0.01$) el recubrimiento no afectó la acidez titulable, por lo tanto al menos un tratamiento produce diferente efecto sobre la acidez de los chiles en los 20 días de estudio.

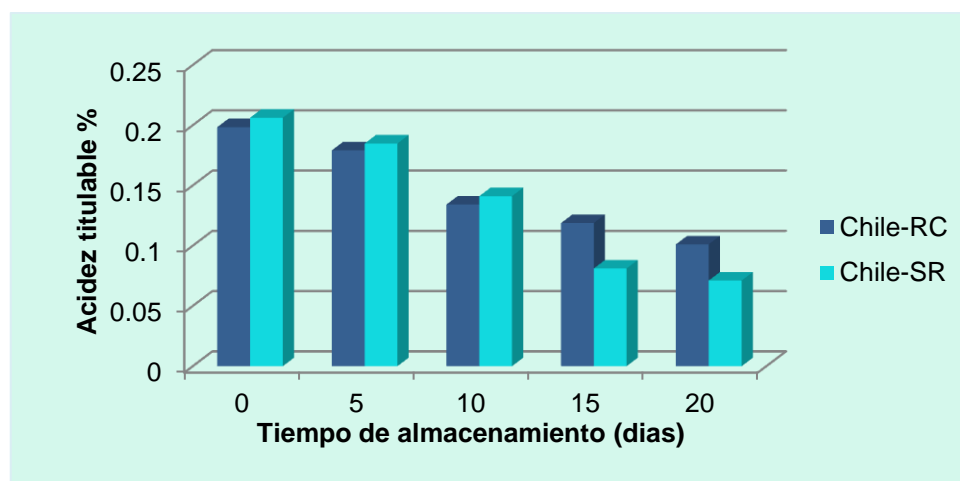


Figura 17. Acidez titulable

La cantidad de ácidos orgánicos en los chiles con película mantuvieron más estabilidad y su descenso fue más controlado en comparación con los testigos como lo podemos observar en la figura 17 ya que en el día 10 las muestras testigo iniciaron la etapa de senescencia de manera rápida.

4.7 Vitamina C

Los chiles tienen más vitamina C que otros alimentos, la cuestión es que los comemos en cantidades mucho más pequeñas. Un chile verde tiene tanta cantidad de vitamina C como seis naranjas.

El análisis estadístico de dos factores muestra significancia ($P=0.05$) como lo podemos observar en la figura 18 lo cual indica que, al menos uno de los tratamientos produce diferentes efectos sobre el contenido de vitamina C durante el periodo de evaluación. El contenido de vitamina C está presente en mayores cantidades en muestras con película en comparación con testigos en el tiempo de estudio.

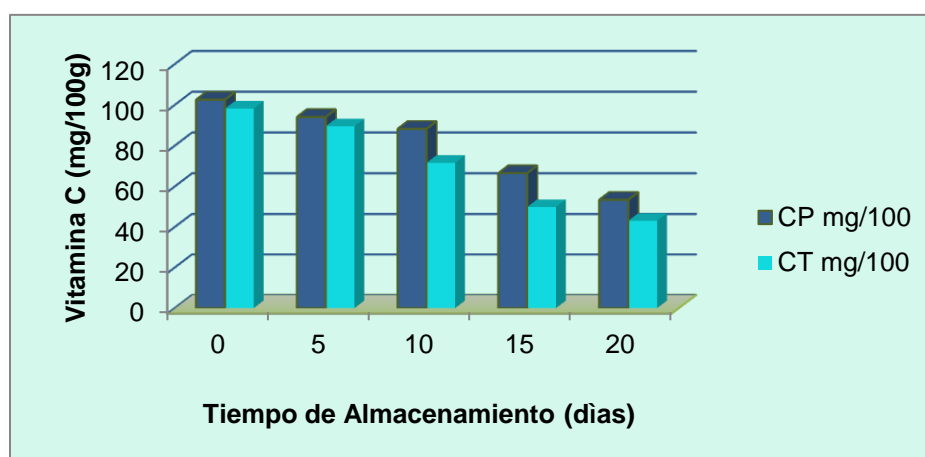


Figura 18. Contenido de vitamina C

4.8 Respiración

En la tasa respiratoria las células vegetales continúan siendo metabólicamente activas después de la cosecha, y siguen obteniendo la energía necesaria del proceso de respiración aeróbica (Valle y Palma, 1997). El análisis estadístico muestra significancia ($P=0.05$) lo cual indica que, al

menos uno de los tratamientos produce diferentes efectos sobre la tasa respiratoria de los chiles serranos. En la figura 19 podemos observar las condiciones de las muestras al finalizar el tiempo de evaluación, haciendo referencia al deterioro que mostraron los testigos en base al tiempo y la cantidad de CO₂ producida en altas concentraciones como lo refleja la figura 20.



Figura 19. Película -testigo

Pérez y Báez. (2003) mencionan que el uso de recubrimientos forma una barrera en la superficie del fruto, modificando la composición gaseosa interna, lo cual disminuye la tasa de respiración y por lo tanto, prolongando la vida postcosecha del producto.

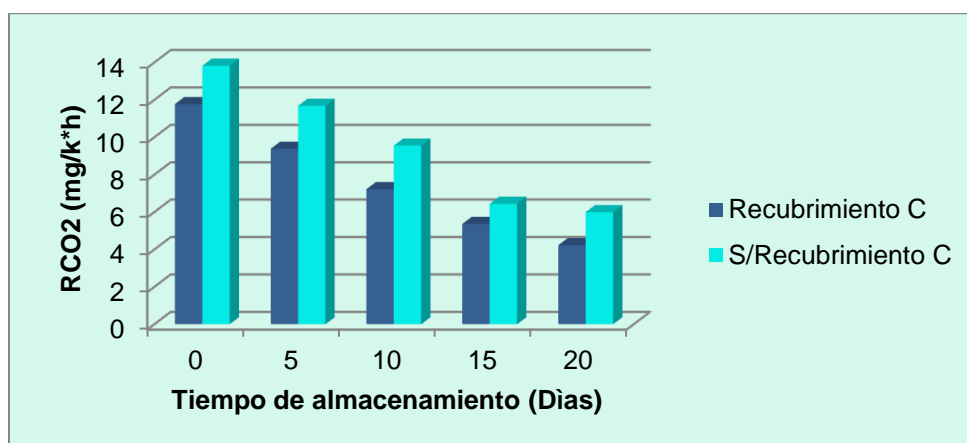


Figura 20. Velocidad de respiración

CONCLUSIONES

- El efecto de la película de carragenina actuó de manera positiva en los chiles serranos durante el mes de almacenamiento a temperatura ambiente.
- El uso de la película a base de goma carragenina con aceite de oliva redujo visiblemente los signos de senescencia en chiles serranos.
- En la evaluación de parámetros físicos de calidad postcosecha en chiles serranos, las muestras con recubrimiento presentaron disminución de pérdida de agua y firmeza comparado con la muestra testigo. Además los frutos con película presentaron menor pérdida de color, mientras que los frutos sin tratamientos mostraron opacidad. En los parámetros químicos la vitamina C se presentó en mayor cantidad en los frutos con película, y la acidez se comportó de manera descendiente en los testigos. El contenido de CO₂ presentó buenos resultados con la aplicación del recubrimiento, con esto podemos considerar que la película es una alternativa para extender la vida de anaquel.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar-Rincón, V.H., Corona Torres, P. López López. Latournerie Moreno. Ramírez Meraz, H. Villalón Mendoza y J. A. Aguilar Castillo. 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN, Montecillo, Texcoco, Estado de México. p 56-58.

Ángel. Espinoza, N. 2015. Efecto de un recubrimiento comestible funcional a base de goma guar sobre la calidad postcosecha de guayaba. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo. Coahuila.

Ávila, S.R., y López M.A. 2008. Aplicación de sustancias antimicrobianas a películas y recubrimientos comestibles. Temas selectos de Ingeniería de Alimentos. Volumen II: Pp. 6-12.

Ávila, R, A. López-Malo. 2008, Aplicación de sustancias antimicrobianas a películas y recubrimientos comestibles. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de las Américas-Puebla. San Andrés Cholula, Pue., México.

Begoña, De A, González, P., Colina, D., Sánchez, C., Concepción., 2015 Uso de películas y recubrimientos comestibles en los productos de IV y V gama. Consejo superior de investigaciones científicas (CSIC). Madrid, España.

Boletín técnico. 2010. Análisis de postcosecha temporada 2009-2010. Centro de pomáceas Universidad de Talca.

Bosquez, M.E., Vernon, E.J., Pérez, L. y Guerrero, L.I. 2000. Películas y Cubiertas Comestibles para la Conservación en Fresco de Frutas y Hortalizas. Industria Alimentaria. Pp:15-36

Bosquez, E., Vernon, E., Pérez, L., Guerrero, I., 2003. Películas y recubrimientos comestibles para la conservación en fresco de frutas y hortalizas. Industria Alimentaria Pp. 15-20, 33-35.

CNN México. 2011. El chile y sus efectos benéficos para la salud, [En línea] <http://mexico.cnn.com/salud/2011/09/15/el-chile-y-sus-efectos-beneficos-para-la-salud>. Consultado el 12 de Enero del 2016.

Departamento de Ingeniería química, alimentos y ambiental, Univerisidad de las Americas puebla.2012. Películas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones.

Domínguez, Laura 2012. Tecnologías para la industria alimentaria películas y recubrimientos comestibles. Ficha Técnica N^o 7. PDF.

El siglo de torreón. 2009. Un chile crudo contiene vitaminas A y C, [En línea] <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/sup/doctor/01/13/01doctor43.pdf>.

Consultado el 15 de Febrero del 2016.

Fatsecret. 2016. Resumen nutricional chile serrano, [En línea] <http://www.fatsecret.com.mx/calor%C3%ADasnutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/chile-serrano>. Consultado el 13 de Enero del 2016.

FAO. 2002. Perspectivas para la producción de algas marinas en los países en desarrollo, [En línea] <http://www.fao.org/docrep/004/y3550s/Y3550S02.htm>. Consultado el 13 de Enero del 2016.

Figueroa, J, Salcedo., Aguas., Yelitza,. Olivero, Rafael., Narváez, Germán., 2011. Recubrimientos comestibles en la conservación del mango y aguacate, y perspectiva, al uso del propóleo en su formulación. Universidad de Sucre Colciencias. Grupo de investigación en Procesos Agroindustriales y Desarrollo Sostenible "PADES". Colombia.

Flores, S., 2007. Estudios básicos y aplicados tendientes al desarrollo de películas comestibles que sean soporte del antimicrobiano sorbato de potasio. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires

Graling. 2004. Películas comestibles. Revisión bibliográfica

Ingredia. Sorbato de potasio, [En línea] . <http://www.hablemosclaro.org/ingredia/sorbato-de-potasio.aspx#.VsY5zbThDMY>. Consultado el 12 de Enero del 2016. Publicación original en el año 2000 por O. Fennema.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación regional del noreste campo experimental palma de la cruz. (Enero 2013). "El cultivo de chile serrano en la zona media de San Luis Potosi, [En línea] <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/740/125.pdf?sequence=1>. Consultado el 10 de Enero del 2016.

Iza, Fátima UAIM. 2011 Investigación acerca de la planta de chile serrano "Chile serrano"(Capsicum annum, Solanaceae), [En línea] <http://fatimaiza.blogspot.mx/2011/09/investigacion-acerca-de-la-planta-de.html> Consultado el 12 de Febrero del 2016.

Kester, J.J. y Fennema, O.R. 1986. Edible Films and Coatings. A Review. Food Technol. Pp 41-59.

López, L.H., 2013. Comportamiento de frutos de chile (*Capsicum annuum*) tipo jalapeño a la desinfección con diferentes sanitizantes en Poscosecha. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila.

MAKYMAT. 2011 Buscando la textura adecuada Carrageninas, [En línea] <http://www.makymat.com/contenido/archivospdf/TexturaCarrageninas.pdf>. Consultado el 13 de Enero del 2016.

Márquez, R, Escobar. D A. Sala. 2008, Elaboración, caracterización y comparación de películas comestibles en base a aislado de proteínas de suero lácteo (WPI). [En línea] <http://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTECH/article/view/37>. Consultado el 10 de Enero del 2016.

Martín-Belloso, O., Rojas, Graü, M.A., Oms, Oliu, G., 2005. Calidad de frutas frescas cortadas y películas comestibles. Universidad de Lleida, España.

Martín-Belloso O, Soliva-Fortuny RC, Baldwin E (2005) Conservación mediante recubrimientos comestibles. Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. Pp. 340-354. México, CIAD.

Pérez, Gago, M, B., Rio, M, A., Rojas, Argudo, C., 2008. Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. Centro de poscosecha (IVIA).

Pérez, C. L., M. G., Castañón N. N. y Mayek P. 2008. Diversidad morfológica de chiles (*Capsicum* spp.) Biodiversidad. Tabasco, México. Pp 10-22.

Quintero, C. Juan.I ; Falguera, Victor ; Muñoz, H. Aldemar. 2010 Películas y recubrimientos comestibles: Importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. Pp. 100-106. [En línea] [file:///C:/Users/UAC/Downloads/Dialnet-PelículasYRecubrimientosComestiblesImportanciaYTen-3628239%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/UAC/Downloads/Dialnet-PelículasYRecubrimientosComestiblesImportanciaYTen-3628239%20(1).pdf). Consultado el 10 de Enero del 2016.

Ramos, García, M., Bautista-Baños, S., Barrera-Necha, L. 2010. Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. Revista Mexicana de Fitopatología.

Reyes, González.L.R. 2013. Caracterización de dispersiones filmogénicas a base de almidón de maíz y ácido oleico en nanoemulsión con capacidad de formación de recubrimientos de recubrimientos comestibles activos. Tesis

Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera –SAGARPA (Abril 2014) .Panorama del chile. , [En línea] Pp 1-2.: <file:///C:/Users/UAC/Downloads/Panorama-Chile-abr-2014.pdf>. Consultado el 10 de Enero del 2016.

SENASICA. **2013.** Pagina web. <http://web2.senasica.sagarpa.gob.mx/xportal/inocd/inagri/Doc656/>. Consultado el 10 Enero 2016.

Silvera, Almitrán, C., Escobar, G, D., Repiso, I, L., Márquez, Romero, R., 2012. Aplicaciones de películas y cubiertas comestibles y métodos combinados para mejorar sus propiedades. Universidad Católica del Uruguay, Facultad de Ingeniería y Tecnologías.

SIAP. 2010. México primer lugar mundial en la producción de chile verde. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=310:mexico-primer-lugar-mundial-en-produccion-de-chile-verde-y-sexto-en-la-de-chile-seco&catid=6:boletines&Itemid=335. Consultado 10 Enero 2016.

SIAP. 2010 b. Un panorama del cultivo del chile. http://www.siap.gob.mx/images/stories/infogramas/100705_monografia-chile.pdf. Consultado 10 de Enero 2016.

Trujillo, Contreras, M.A. 2011. Cuantificación de compuestos antioxidantes, capsaicina y capacidad antioxidante en chile serrano (*Capsicum annum*) Bajo distinto manejo agronómico y sistema de cultivo. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro. México.

Vázquez, Briones, M.C., Guerrero, Beltrán, J.A., 2013. Recubrimientos de frutas con biopelículas. Universidad de las Américas Puebla.

Vázquez, G. E., Ramírez M. M., Mata V. H, Ariza F. R. y Alía T. I. 2010. Atributos de calidad y vida de anaquel de frutos de cultivares de chile serrano en México. Revista fitotecnia mexicana, vol. 33, núm. 4. pp. 78-81. Sociedad mexicana de fitogenética, A.C.

Velasquez,A,Guerrero,J.2014.Recubrimientos comestibles aplicados en alimentos. Departamento de ingeniería química, alimentos y ambiental,Universidad de las Americas, Puebla