

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

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



**EFFECTO DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE FUNCIONAL DE
CARRAGENINA SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE CHILE
JALAPEÑO**

POR:

ELENA PÉREZ PÉREZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS
EFECTO DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE FUNCIONAL DE
CARRAGENINA SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE CHILE
JALAPEÑO

Por:

ELENA PÉREZ PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

COMITÉ ASESOR



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Asesor principal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla

Asesor



Dr. Antonio F. Aguilera Carbó

Asesor



Dr. José Duñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EFFECTO DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE FUNCIONAL DE CARRAGENINA SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE CHILE JALAPEÑO.

Por:

ELENA PÉREZ PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

JURADO CALIFICADOR



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Presidente del jurado



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla

Vocal

Dr. José Dueñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal



M.E. Laura Olivia Fuentes Lara

Vocal



Dr. José Daniel Corona Flores

Vocal



Saltillo, Coahuila, México
Noviembre 2017

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a **Dios** por permitir haber concluido mis estudios, por darme salud, sabiduría, cuidarme y guiarme. Por mantenerme fuerte en los momentos de desesperación y por realizar este trabajo.

A mi familia por sus apoyos y consejos que me brindaron para realizar esta meta, como herencia valiosa que pudiera recibir. Porque en la vida siempre se necesita un poco de motivación y de ellos los recibí. Por esto y más gracias.

A mis hermanos que me apoyaron en el transcurso de mi carrera en mi estancia en la UAAAN y en el trayecto como estudiante.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme sus puertas y pertenecer a esta gran institución y haber obtenido los conocimientos durante mi carrera. Mi Alma Terra Mater, fue como mi segunda casa.

A la Dra. Xochitl Ruelas Chacón, quien me dio la oportunidad de realizar este trabajo, además de impartirme materias que me ayudaron a desarrollar mis conocimientos. Le doy muchas gracias por la paciencia y comprensión que me tuvo.

Al Dr. José Daniel Corona Flores, Químico Oscar Noé Reboloso Padilla y M.E. Laura Olivia Fuente Lara por su importante colaboración y valioso tiempo en la realización de esta investigación.

A Nestor por ser una persona muy especial en mi vida, que me ha llenado de dicha y amor, sobre todo por su apoyo y ayudarme a ser mejor persona.

A mis amigos, ya que la amistad representa algo muy valioso y sincero. A ti María del Carmen, Tere, Alfredo, Isela, Isamar, Berenice, Talía, Mari.

DEDICATORIAS

Este trabajo se lo dedico de todo corazón a **Dios** que me ha guiado y fortalecido en los momentos más difíciles y a mis padres, que aunque uno de ellos ya no está conmigo siempre conté con su apoyo. A ellos que tanto los quiero y admiro por el sacrificio que hicieron por mí, con mucho cariño, amor y respeto.

A mi madre

Carmen Pérez Pérez, le dedico con todo cariño y amor, por brindarme su apoyo incondicional, darme consejos y alentarme a seguir adelante pese a cualquier circunstancia.

A la memoria de mi padre

Roberto Pérez Arcos (†), que aunque ya no este conmigo, durante el tiempo que lo tuve supo guiarme al camino del estudio y que sus palabras de motivación me sirvieron mucho.

A mi hermano

Roberto Antonio Pérez Pérez, dedicado con mucha gratitud por que a su apoyo brindado y consejos he llegado a realizar una de mis metas.

A mis hermanas y hermano

Con cariño a ti **María del Carmen, María Kin, Juanita y Aaron** que son una base y pilares para mí, por todo el apoyo incondicionalmente que me brindaron, de corazón gracias.

ÍNDICE GENERAL

<i>AGRADECIMIENTOS</i>	i
<i>DEDICATORIAS</i>	iii
RESUMEN.....	ix
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Hipótesis	3
Justificación.....	4
CAPÍTULO II	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Recubrimientos comestibles.....	5
Definición	5
Importancia y funciones.....	5
Composición de las matrices estructurales de los Recubrimientos Comestibles y Películas Comestibles.....	7
Hidrocoloides:	7
Lípidos:.....	8
Compuestos:	8
Tecnologías para la aplicación de Recubrimientos Comestibles y Películas Comestibles.....	8
Rociado	9
Inmersión	9
Ventajas y propiedades que presentan los recubrimientos comestibles.....	10
Conservación de frutas y hortalizas mediante recubrimientos comestibles	11
Características de aditivos formadores de PC y RC	12
Plastificantes	12
Carragenina.....	13
Propiedades de las carrageninas	14

Aceite de limón	14
Chile jalapeño	16
Capsaicinoides.....	17
Cosecha y manejo Postcosecha del Chile Jalapeño.....	17
Temperatura Óptima.....	18
Humedad Relativa Óptima.....	19
Tasa de Producción de Etileno	19
Consideraciones especiales.....	19
Manejo de Postcosecha.....	20
CAPÍTULO III	21
METODOLOGÍA.....	21
Etapa experimental I. Elaboración y caracterización de un recubrimiento comestible a base de carragenina y aceite de limón.....	21
Preparación de la formulación.....	21
Etapa experimental II. Aplicación del recubrimiento comestible a base de carragenina y aceite de limón sobre frutos frescos de chile jalapeño (<i>Capsicum annum L.</i>) almacenados en temperatura ambiente y de refrigeración durante un periodo de 30 días.....	21
Evaluación de parámetros físicos.....	22
Pérdida de peso.....	22
Color	23
Firmeza	23
Evaluación de parámetros químicos	24
Vitamina C.....	24
Acidez titulable.....	25
Solidos solubles totales.....	25
Carotenoides.....	26
Clorofila.....	27
Contenido de capsaicina.....	28
Respiración.....	28
CAPÍTULO IV.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS.....	31

Evaluación de parámetros físicos.....	31
Pérdida de peso.....	31
Color.....	33
Firmeza.....	35
Evaluación de parámetros químicos.....	37
Vitamina C.....	37
Acidez titulable.....	39
Solidos solubles totales.....	41
Carotenoides.....	43
Clorofila.....	45
Contenido de capsaicina.....	47
Respiración.....	49
Conclusiones.....	52
Bibliografía.....	53
Anexos.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pérdida de peso a temperatura ambiente.....	32
Figura 2. Pérdida de peso a temperatura de refrigeración.....	33
Figura 3. Colorimetría L*, a*, b* a temperatura ambiente	34
Figura 4. Colorimetría L*, a*, b* a temperatura de refrigeración	35
Figura 5. Firmeza a temperatura ambiente	36
Figura 6. Firmeza a temperatura de refrigeración	37
Figura 7. Contenido de Vitamina C a temperatura ambiente	38
Figura 8. Contenido de vitamina C a temperatura de refrigeración.....	39
Figura 9. Porcentaje de ácido a temperatura ambiente	40
Figura 10. Porcentaje de ácido a temperatura de refrigeración	41
Figura 11. SST a temperatura ambiente	42
Figura 12. SST a temperatura de refrigeración	42
Figura 13. Contenido de carotenoides a temperatura ambiente	43
Figura 14. Contenido de carotenoides a temperatura de refrigeración	44
Figura 15. Clorofila total, a*y b*a temperatura ambiente.....	46
Figura 16. Clorofila total, a*y b*a temperatura de refrigeración.....	47
Figura 17. Contenido de capsaicina a temperatura ambiente	48
Figura 18. Contenido de capsaicina a temperatura de refrigeración.....	49
Figura 19. Velocidad de CO ₂ a temperatura ambiente.....	50
Figura 20. Velocidad de respiración a temperatura de refrigeración.....	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Usos posibles de películas comestibles y recubrimientos.....	6
Cuadro 2. Características del chile jalapeño.....	16

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estadístico pérdida de peso a temperatura ambiente	63
Anexo 2. Estadístico pérdida de peso a temperatura de refrigeración	63
Anexo 3. Estadístico color L a temperatura ambiente	64
Anexo 4. Estadístico color coordenada a* temperatura ambiente.....	64
Anexo 5. Estadístico color coordenada b* temperatura ambiente.....	65
Anexo 6. Estadístico color L temperatura de refrigeración.....	66
Anexo 7. Estadístico color coordenada a* temperatura de refrigeración	66
Anexo 8. Estadístico color coordenada b* temperatura de refrigeración	67
Anexo 9. Estadístico firmeza temperatura ambiente	68
Anexo 10. Estadístico firmeza temperatura de refrigeración	68
Anexo 11. Estadístico vitamina C temperatura ambiente.....	69
Anexo 12. Estadístico vitamina C temperatura de refrigeración.....	70
Anexo 13. Estadístico acidez titulable temperatura ambiente	70
Anexo 14. Estadístico acidez titulable temperatura de refrigeración	71
Anexo 15. Estadístico sólidos solubles totales temperatura ambiente	71
Anexo 16. Estadístico sólidos solubles totales temperatura de refrigeración	72
Anexo 17. Estadístico carotenoides temperatura ambiente	73
Anexo 18. Estadístico carotenoides temperatura de refrigeración	73
Anexo 19. Estadístico clorofila total temperatura ambiente	74
Anexo 20. Estadístico clorofila a* temperatura ambiente.....	74
Anexo 21. Estadístico clorofila b* temperatura ambiente.....	75
Anexo 22. Estadístico clorofila total temperatura de refrigeración	76
Anexo 23. Estadístico clorofila a* temperatura de refrigeración	76
Anexo 24. Estadístico clorofila b* temperatura de refrigeración.....	77
Anexo 25. Estadístico contenido de capsaicina temperatura ambiente	78
Anexo 26. Estadístico contenido de capsaicina temperatura de refrigeración	78
Anexo 27. Estadístico respiración temperatura ambiente	79
Anexo 28. Estadístico respiración temperatura de refrigeración	80

RESUMEN

La importancia de mantener los frutos y hortalizas en buena calidad y características que las destacan como olor, color y textura, hacen que el ser humano busque nuevas tecnologías de conservación. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto del recubrimiento comestible funcional de carragenina con aceite de limón en chiles jalapeños con el mismo estado de madurez.

Las muestras se dividieron en dos grupos con recubrimiento y control, bajo condiciones de temperatura ambiente y de refrigeración. Se evaluó el efecto del recubrimiento funcional sobre la calidad postcosecha durante 25 días a temperatura ambiente y 30 días a temperatura de refrigeración. La primera etapa experimental fue elaborar y caracterizar el recubrimiento comestible de carragenina y aceite de limón. La segunda etapa experimental fue la evaluación de parámetros físicos como pérdida de peso, color y firmeza, además de parámetros químicos como acidez titulable, sólidos solubles totales, carotenoides, clorofila, contenido de capsaicina y respiración. El análisis estadístico consistió en un diseño completamente al azar, donde se realizó un análisis de varianza ANOVA y comparación de media Tukey. El desarrollo y aplicación del recubrimiento comestible a base de carragenina ayudó a alargar la vida de anaquel en los chiles jalapeños a diferencia de las muestras control, favoreciendo más las muestras a temperatura de refrigeración. El análisis de varianza presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) respecto al tiempo de almacenamiento en pérdida de peso, color, firmeza, y en los parámetros químicos en ambas muestras (con recubrimiento y control) y temperaturas, excepto clorofila b* a temperatura ambiente donde no existió diferencia significativa ($p > 0,05$) y velocidad de respiración en ambas temperaturas con ($p > 0,05$). El uso del recubrimiento comestible a base de carragenina ayudó a alargar la vida de anaquel en chiles jalapeños en ambas temperaturas.

Palabras claves: Recubrimiento comestible, carragenina, chile jalapeño.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El interés por mantener los frutos frescos cada día va incrementando. Esto se debe fundamentalmente a las exigencias de los consumidores cada vez mayores, de reducir alimentos con conservadores químicos y el impacto de la contaminación ambiental, ya que se buscan aquellos enriquecidos con sustancias de origen natural que aporten beneficios para la salud y que mantengan las características nutritivas y sensoriales de los productos adquiridos. Por lo tanto se ha prestado una mayor atención en la búsqueda de nuevas sustancias de origen natural que permitan actuar como posibles fuentes alternativas de antioxidantes y antimicrobianos.

Con base a lo anterior, se han desarrollado películas y recubrimientos comestibles con la finalidad de alargar la vida útil de anaquel de frutos y otros alimentos, así mismo la conservación en medio ambiente, refrigeración o congelación.

Un recubrimiento comestible (RC) se define como el revestimiento de un producto vegetal con una o varias capas finas de material polimérico natural y comestible, mientras que la película comestible es también una capa (o varias) fina de material polimérico comestible pero que es primero preformada y después colocada sobre el alimento o entre componentes del mismo. Por tanto, la principal diferencia entre un recubrimiento comestible y una película comestible (PC), es que los recubrimientos son aplicados en forma líquida por inmersión o pulverización formándose la película sobre el alimento, mientras que las películas comestibles son primero preformadas como láminas sólidas y después colocadas ya formadas sobre el alimento (Valencia-Chamorro *et al.*, 2011).

Se considera que los recubrimientos comestibles son delgadas capas de materiales aplicados sobre alimentos. Algunas de las funciones son proteger los

productos de daño mecánico, físico y químico y de la actividad microbiológica (An, *et al.*, 2008; Mastromatteo *et al.*, 2011; Mei *et al.*, 2013).

De acuerdo con Krochta y De Mulder-Johnston (1997), una película comestible se define como aquella capa delgada de material comestible formada sobre un alimento como un recubrimiento o colocada (lo que implica que debe ser pre-formada) sobre o entre los componentes de los alimentos.

Las películas flexibles comestibles y las cubiertas aplicadas directamente al alimento, posibles de ser consumidas simultáneamente, se han convertido en una herramienta tecnológica útil para muchas aplicaciones en la industria alimentaria. Esto incluye la incorporación de ingredientes activos en la matriz polimérica, el aumento de la vida útil y seguridad alimentaria y el mejoramiento de atributos sensoriales y nutricionales (RojasGraü, Soliva-Fortuny y Martín-Belloso, 2009).

En México se cultiva una gran variedad de tipos de chiles; entre ellos, el chile jalapeño (*Capsicum annum L.*) es uno de los de mayor importancia económica por su amplio consumo, alta rentabilidad y gran demanda de mano de obra (SIAP, 2010).

Objetivos

Objetivo general

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

Objetivos específicos.

1. Evaluar el efecto del recubrimiento funcional sobre los parámetros postcosecha de los chiles a temperatura ambiente durante un período de 25 días.
2. Analizar el comportamiento de los parámetros postcosecha de color, pérdida de peso, firmeza, vitamina C, acidez titulable, sólidos solubles totales, contenido de capsaicina, carotenoides, clorofila y respiración de los chiles recubiertos y almacenados a temperatura de refrigeración durante un período de 30 días.

Hipótesis

La aplicación del recubrimiento comestible funcional de carragenina y aceite de limón, puede ser una alternativa para alargar la vida de anaquel y mantener las características de calidad postcosecha de chile jalapeño.

Justificación

La importancia de conservar las frutas, hortalizas y otros alimentos de manera natural y de buena calidad, hace que se desarrollen nuevas tecnologías para éstas.

Una de estas tecnologías que surgen es el desarrollo de (PC) películas comestibles y (RC) recubrimientos comestibles con el fin de alargar la vida de anaquel y la calidad, además de mantener las frutas y hortalizas con los aspectos sensoriales como olor, color, sabor y texturas.

Las PC (película comestible) y RC (recubrimiento comestible) pueden cumplir mucho de los requisitos involucrados en la comercialización de alimentos, así como mantener su valor nutricional, la sanidad, la alta calidad y economía, retardando la migración de humedad, como vehículo antimicrobiano así logrando un producto atractivo para el consumidor.

La finalidad de esta investigación es analizar el efecto de un recubrimiento comestible funcional de carragenina en frutos de chiles jalapeños, con parámetros de calidad como color, pérdida de peso, vitamina C, firmeza, acidez titulable, sólidos solubles totales, contenido de capsaicina y respiración de los chiles, representando la conservación de estos en cuanto a la calidad postcosecha.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Recubrimientos comestibles

Definición

Los recubrimientos comestibles son delgadas capas de materiales aplicados sobre alimentos. Algunas de las funciones son proteger los productos de daño mecánico, físico y químico y de la actividad microbiológica (An *et al.*, 2008; Mastromatteo *et al.*, 2011; Mei *et al.*, 2013).

El término “recubrimiento” se utiliza cuando una capa fina de un cierto material es aplicada en la superficie de una fruta o vegetal, independientemente del recubrimiento natural que las conserva (Srinivasa y Tharanathan, 2007).

Importancia y funciones

Las películas o recubrimientos comestibles pueden cumplir muchos de los requisitos involucrados en la comercialización de alimentos entre los que destacan el valor nutricional, la sanidad, alta calidad, estabilidad y economía, al realizar una o más de las funciones que se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Usos posibles de películas comestibles y recubrimientos.

FUNCIÓN/APLICACIÓN	TIPO ADECUADO DE PELÍCULA
Retardar migración de humedad	Lípido, compuesto
Retardar migración de gas	Hidrocoloide, lípido, o compuesto
Retardar migración de aceite y grasa	Hidrocoloide
Retardar migración de soluto	Hidrocoloide, lípido, o compuesto
Mejorar la integridad estructural o propiedades de manejo.	Hidrocoloide, lípido, o compuesto
Retener compuestos volátiles del sabor	Hidrocoloide, lípidos o compuestos
Vehículo de aditivos alimentarios	Hidrocoloide, lípidos o compuestos

Fuente: Hernández, 2014.

El propósito principal en cuanto a retardar la migración de la humedad, puede ser útil en la retención de sabores y olores característicos de los productos o como vehículo de antimicrobianos, antioxidantes, preservantes, vitaminas, minerales, colorantes y saborizantes, logrando un producto atractivo para el consumidor no solo por sus características nutricionales sino sensoriales.

Los recubrimientos pueden ser elaborados con carbohidratos (celulosa y derivados, quitosano, almidón, goma, alginatos, carragenina, agar-agar y pectinas), lípidos (ceras, lacas), proteínas (proteína de soya, proteínas de suero, colágeno, entre otras) o mezclas de estos, considerando las características deseadas en el recubrimiento.

Si bien las cubiertas comestibles se usan desde épocas muy antiguas para mantener la calidad de frutas y hortalizas frescas, así como quesos y carne, nuevas aplicaciones han surgido en los últimos años, tal es el caso de su uso en vegetales mínimamente procesados listos para consumo, donde las cubiertas contribuyen a proporcionar una calidad y frescura similares a las del producto fresco (Olivas, Dávila-Aviña, Salas-Salazar y Molina, 2008; Vargas, Pastor, Chiralt y otros, 2008).

Las cubiertas comestibles participan en la generación de un microclima que favorece la prolongación de la vida útil del alimento, debido a la modificación de la

atmósfera por el control del intercambio gaseoso a través de la membrana, que retrasa la respiración y las reacciones oxidativas. Además, las cubiertas comestibles brindan al sistema alimenticio la posibilidad de incorporar ingredientes activos como colorantes, antioxidantes, conservantes, agentes de control del oscurecimiento químico o enzimático, condimentos y muchas otras opciones tecnológicas (Rojas-Graü, Soliva-Fortuny y Martín-Belloso, 2009).

Composición de las matrices estructurales de los Recubrimientos Comestibles y Películas Comestibles

Los RC y las PC son biopolímeros que dependiendo del tipo de compuesto que incluyen en su formulación se pueden agrupar en tres categorías (Dahall, 2013):

Hidrocoloides:

Forman recubrimientos con buenas propiedades mecánicas y son una buena barrera para los gases (O_2 y CO_2), pero no impiden suficientemente la transmisión de vapor de agua. Están constituidos por polisacáridos (derivados de celulosa, almidón, quitosano, alginatos, carragenanos, gelanos, pectinas de fruta) y proteínas de origen animal (gelatinas, caseínas y albúminas o proteínas de suero de leche) o de origen vegetal (soja, zeína de maíz).

-Polisacáridos

La mayoría de los polisacáridos utilizados con éxito para formar RC y PC en frutas y hortalizas son de origen marino (algas), vegetal y también se utilizan biopolímeros producidos por microorganismos. Los polisacáridos más utilizados y abundantes en la naturaleza para la formación de recubrimientos en frutas y hortalizas son celulosa, almidón y quitosano (Dahall, 2013).

Lípidos:

Están formados por compuestos hidrofóbicos no poliméricos con buenas propiedades barrera para la humedad, pero con poca capacidad para formar películas. Reducen la transpiración, la deshidratación, la abrasión en la manipulación posterior y puede mejorar el brillo y el sabor. Generalmente son ceras (carnauba, abeja), ácidos grasos y monoglicéridos (glicerol). En vegetales mínimamente procesados, los lípidos se combinan con hidrocoloides (polisacáridos y proteínas) capaces de formar películas (Dahall, 2013).

Compuestos:

Son formulaciones mixtas de hidrocoloides y lípidos. En general, los lípidos aportan resistencia al vapor de agua, mientras que los hidrocoloides permiten la permeabilidad selectiva al O₂, CO₂ y una buena cohesión estructural, integridad y duración de la película (Dahall, 2013).

Tecnologías para la aplicación de Recubrimientos Comestibles y Películas Comestibles

Para ser efectivos, los recubrimientos deben formar una capa continua en la superficie del fruto. La tensión superficial y la viscosidad de las emulsiones que forman el recubrimiento determinan la capacidad de estos de impregnar al fruto en la etapa de aplicación y, por tanto, su capacidad para taponar poros y formar una capa continua en la superficie del mismo. Una distribución homogénea del recubrimiento se consigue mediante una aplicación y secado adecuados. Existen distintas técnicas de aplicación de recubrimientos. Entre las más comúnmente empleadas se pueden citar: rociado, pincelado, inmersión tradicional o inmersión asistida por vacío (Hershko y Nussinovitch, 1998).

Rociado

El rociado, en contraposición con la inmersión, es un método útil para la aplicación de soluciones formadoras de recubrimientos de baja viscosidad y permite obtener recubrimientos más delgados y uniformes (García y *et al.*, 2009). El rociado es más conveniente para aplicar un recubrimiento a solo un lado del alimento. Esto es deseable cuando se necesita protección sólo sobre una superficie, como por ejemplo en la corteza de una pizza expuesta a una salsa húmeda. El rociado también puede emplearse para aplicar un segundo recubrimiento, tal como una solución catiónica necesaria para el entrecruzamiento de recubrimientos de alginato o pectina (Greener y Fennema, 1994). La distribución con pincel directamente sobre la superficie de productos como por ejemplo carnes, puede también emplearse para aplicar recubrimientos comestibles (Ustunol, 2009).

Inmersión

Consiste en sumergir el alimento en la solución formadora de películas durante un determinado tiempo y posteriormente se efectúa una etapa de drenado para eliminar el material en exceso. Éste método es adecuado para obtener un recubrimiento uniforme sobre una superficie irregular. Se ha empleado para aplicar recubrimientos a carnes, pescado, aves, frutas y vegetales (Greener y Fennema, 1994; Han y *et al.*, 2004; Del-Valle y *et al.*, 005; Vargas y *et al.*, 2006; Pérez-Gago y *et al.*, 003, 2005, 2006).

Si bien la inmersión simple del producto en la solución formadora de recubrimiento es un método tradicional de aplicación, dependiendo de la viscosidad de la solución y de la extensibilidad de la misma sobre la superficie de la muestra, la retención de la solución para formar un recubrimiento puede ser baja. La aplicación de la solución mediante impregnación al vacío podría ser una alternativa para mejorar la retención de la misma y para formar un recubrimiento de mayor espesor y más efectivo (Greener y Fennema, 1994; Han y *et al.*, 2004; Del-Valle y *et al.*, 005; Vargas y *et al.*, 2006; Pérez-Gago y *et al.*, 003, 2005, 2006).

Ventajas y propiedades que presentan los recubrimientos comestibles

Un RC o PC es un material de envoltura (empaquete) delgado empleado en la industria de alimentos y que puede ser consumido como parte del mismo, debido a que proviene de polímeros biodegradables, no tóxicos y que ayudan a incrementar la calidad de los alimentos durante su conservación (Sánchez-González *et al*, 2011).

Según Falguera *et al*, 2011) las películas y recubrimientos deben presentar ciertas exigencias funcionales que permitan controlar o aminorar las causas de alteración de los alimentos a recubrir, algunas de estas ventajas y propiedades son:

- Ser libres de tóxicos y seguros para la salud.
- Deben requerir una tecnología simple para su elaboración.
- Ser protectores de la acción física, química y mecánica.
- Presentan propiedades sensoriales: deben ser transparentes y no ser detectados durante su consumo.
- Mejoran las propiedades mecánicas y preservan la textura.
- Prolongan la vida útil de alimentos a través del control sobre el desarrollo de microorganismos.
- Pueden regular distintas condiciones de interfase o superficiales del alimento, a través del agregado de aditivos como antioxidantes, agentes antimicrobianos y nutrientes.
- Presentan propiedades de barrera como transferencia de distintas sustancias, adecuada permeabilidad al vapor de agua, solutos y una permeabilidad selectiva a gases y volátiles, desde el alimento hacia el exterior y viceversa.

Dichos recubrimientos al controlar transferencia de humedad, gases, y compuestos volátiles, han demostrado la capacidad de mejorar la integridad y la calidad de los alimentos, además de prolongar su vida de almacenamiento. Sin

embargo; al recubrir un fruto u hortaliza para retardar la pérdida de humedad, es necesario que exista una cierta permeabilidad al oxígeno y dióxido de carbono para evitar una respiración anaeróbica que podría inducir desórdenes fisiológicos y una pérdida rápida de la calidad y vida de anaquel en los mismos.

También, las PC y RC pueden admitir y transportar ingredientes funcionales tales como antioxidantes, antimicrobianos, nutrimentos, sabores y colorantes para destacar la calidad, funcionalidad y seguridad de los alimentos, siendo esta actualmente una de las características más importantes en el uso de cubiertas (Falguera *et al*, 2011).

Conservación de frutas y hortalizas mediante recubrimientos comestibles

El mecanismo por el cual los recubrimientos conservan la calidad de frutas y vegetales es debido a que crean una barrera física a los gases, permitiendo modificar la atmósfera interna de la fruta y de esta manera retardar la maduración y senescencia (Rojas-Grau *et al.*, 2009). El desarrollo de recubrimientos a base de polisacáridos ha conllevado un incremento significativo en la industria alimenticia por las variedades de aplicaciones que estos confieren y en la magnitud de productos que pueden ser tratados. Entre los polisacáridos más utilizados en la elaboración de PC y RC se encuentran los derivados de la celulosa, el almidón, quitosano, alginato, carragenina, pectina, entre otros (Cagri *et al.*, 2004). Ellos presentan una interesante alternativa debido a su fácil procesamiento, bajo costo, abundancia, no tóxico, y fácil manipulación, lo que ayudaría a las necesidades de alcanzar una agricultura sostenible (Bautista-Baños *et al.*, 2005) Sin duda uno de los avances de mayor interés actual y perspectivas de futuro es la utilización de polímeros comestibles y biodegradables obtenidos a partir de macromoléculas de origen natural. Aunque el uso de biopolímeros parece algo novedoso, la realidad es que ya se empleaban en la antigüedad, aunque quizás con otra perspectiva. Durante los siglos trece y catorce, ya se practicaba en China el recubrimiento de naranjas y limones por inmersión en ceras para retardar la pérdida de agua y con igual fin se recubría la carne con manteca en Inglaterra en el siglo dieciséis y desde 1930 en Estados Unidos se

empezó a utilizar comercialmente la cera en naranjas y manzanas para mejorar su presentación y calidad, reducir la pérdida de agua o aplicar fungicidas superficiales para retardar sus modificaciones (Cagri *et al.*, 2004).

Características de aditivos formadores de PC y RC

Plastificantes

Son moléculas pequeñas de bajo peso molecular, de baja volatilidad y con una naturaleza química similar a la del polímero formador de recubrimiento. Se usan para mejorar la flexibilidad y la funcionalidad de los recubrimientos.

El plastificante debe ser miscible con el polímero y de ser posible, soluble en el solvente. Los recubrimientos requieren de una concentración de plastificante entre el 10 y 60% (base seca) (Guzmán, 2003).

Según Guilbert (1986), los plastificantes comúnmente utilizados en alimentos son:

A) Mono-, di- y oligosacáridos (glucosa, jarabes, miel).

B) Polioles (sorbitol, glicerol, polietilenglicoles y sus derivados).

C) Lípidos y derivados (ácidos grasos, monoacilgliceroles, derivados éster y surfactantes). Dentro de los plastificantes más utilizados podemos mencionar al glicerol.

Glicerol

Generalmente se requieren plastificantes como el glicerol en las formulaciones a base de polisacáridos y de proteínas, para aumentar la flexibilidad de los recubrimientos, al aumentar el volumen libre o la movilidad molecular de los polímeros, reduciendo los enlaces de hidrógeno internos entre las cadenas de polímeros y aumentando el espacio intermolecular.

Los plastificantes afectan la capacidad de atracción de agua del sistema y generalmente suelen aumentar la permeabilidad al oxígeno de los recubrimientos comestibles (Rojas, 2006).

Carragenina

Los avances tecnológicos han permitido un aumento en el uso de hidrocoloides, debido a las múltiples ventajas que éstos ofrecen.

Dentro de estos hidrocoloides, uno de los más utilizados son las carrageninas, las cuales se emplean como agente gelificante, espesante y estabilizante en la industria alimentaria, que es el campo de mayor aplicación y cuyo mercado ha crecido notablemente durante los últimos años.

La carragenina son polisacáridos naturales presentes en algas rojas, forman coloides viscosos o geles en medio acuosos, por lo que han sido estudiadas en el área de alimentos como recubrimientos comestibles mezclándolas con compuestos que inhiben el pardeamiento enzimático, presentando una barrera semipermeable contra el aire para controlar la tasa de respiración inicial en frutas mínimamente procesadas (Lee, Park, Lee y Choi, 2003).

La carragenina forma parte de un grupo de polisacáridos sulfatados, que constituyen la estructura principal de ciertas variedades de algas rojas, de la clase *Rhodophyceae*. Estos polímeros son fuertemente aniónicos debido a la presencia de grupos sulfatos, lo cual facilita su interacción con moléculas catiónicas y anfotéricas, como las proteínas, a su vez, se caracterizan por ser solubles en agua, formando soluciones de alta viscosidad y/o geles, por lo que son ampliamente utilizadas en diversos productos dentro de la industria alimentaria (Whistler y Bemiller, 1993 y Gelymar, 2005a).

Los diferentes tipos de carragenina comercial se presentan de dos formas, de acuerdo al grado de refinación que éstas tengan en su proceso de elaboración. Conforme a lo anterior, se encuentran la carragenina refinada, con un bajo contenido

de impurezas y material celulósico y la semi refinada, compuesta de carragenina y otros materiales de la pared celular. Ambos tipos se utilizan en diversas aplicaciones industriales, como en productos cárnicos, lácteos, y otros (IMR International, 1999).

Propiedades de las carrageninas

Las carrageninas son polímeros fuertemente aniónicos, de gran tamaño y peso molecular. Estas características, le confieren la capacidad de reaccionar con otras moléculas a través de diversos mecanismos, entre los que se incluyen los enlaces iónicos, puentes de hidrógeno y fuerzas de Van der Waals, para formar estructuras complejas que usualmente implican cambios en las propiedades físicas del sistema en que se aplican. Estas propiedades son aprovechadas ventajosamente en múltiples aplicaciones en la industria alimentaria (Glicksman, 1969). Para Fennema (2000), las carrageninas tienen las siguientes funciones como aditivo alimentario:

- Determinar diferentes propiedades reológicas con el fin de espesar y suspender partículas insolubles y/o de gran tamaño.
- Formar geles termorreversibles a temperatura ambiente, transparentes, de texturas rígidas a elásticas y con distintos grados de retención de agua.
- Formar complejos con las proteínas para obtener geles, suspensión, floculación y estabilización.

Para llevar a cabo estas funciones en los distintos alimentos en que se aplican, las carrageninas poseen diversas propiedades, cuyas características varían principalmente según el tipo y el medio en que son aplicadas.

Aceite de limón

Se definen, según Afnor (1998), como:

Productos obtenidos a partir de materia prima vegetal, bien por arrastre con vapor, bien por procedimientos mecánicos a partir del epicarpio de los Citrus, o bien por destilación seca. El aceite esencial se separa posteriormente de la fase acuosa

por procedimientos físicos en los dos primeros modos de obtención; puede sufrir tratamientos físicos que no originen cambios significativos en su composición.

Anualmente se producen aproximadamente 3.600 toneladas de aceite esencial de limón. En el mundo, el aceite esencial de limón ocupa el segundo lugar luego de la naranja dulce.

La cáscara del limón contiene 0,4 % de aceite, se encuentra en sacos de forma ovalada en el pericarpio o en la porción coloreada de la cáscara, y actúa como barrera tóxica natural contra varios microorganismos e insectos. La mayor producción de aceite esencial de limón se realiza por prensado en frío; de menor calidad y más económicos, son los destilados de aceites esenciales usados para la producción de aceites libres de terpenos. Una pequeña parte de aceite de jugo de limón es producido durante la concentración del jugo.

El aceite de limón, contiene aproximadamente 2% de sustancias no volátiles en su mayoría en la forma de Coumarince, alrededor de 18 alcoholes, 16 aldehídos, 11 ésteres, 3 cetonas, 4 ácidos, y 23 hidrocarburos. Los componentes mayoritarios del aceite esencial obtenido por prensado de la cáscara son:

- 63% limoneno (Monoterpeno monocíclico)
- 12% beta-pineno (Monoterpeno Bicíclico)
- 9% gama-terpineno (Monoterpeno monocíclico)

Otros componentes cualitativamente importantes son:

- 1,5 % geranial (aldehído)
- 1,0 % neral (limón) (aldehído)
- 0,5 % neril acetato (frutal, floral, rosa)
- 0,4 % geranil acetato (frutal, floral, rosa)
- 0,2 % citronelal (fuerte, cítrico, verde)
- 0,2 % linalol (brillante, lavanda) (monoterpeno aciclico)
- 0,1 % nonanal (fuerte)

Los hidrocarburos de terpenos, los cuales constituyen la mayor parte del aceite son insolubles en agua y susceptibles a oxidaciones. Para producir un aceite estable y soluble se llevan a cabo operaciones de extracción, concentración y deterpenización (Cerutti y Neumayer, 2004).

Chile jalapeño

En México se cultiva una gran variedad de tipos de chiles; entre ellos, el chile jalapeño (*Capsicum annum L.*) es uno de los de mayor importancia económica por su amplio consumo, alta rentabilidad y gran demanda de mano de obra (SIAP, 2010). En el año 2012, se estima que en el estado de Campeche se produjeron 6,764 toneladas en una superficie de cultivo de 1,682 hectáreas; lo cual dejó una derrama económica de 23,219 millones de pesos (SIAP, 2014). El cuadro 2, describe las características del chile jalapeño.

Cuadro 2. Características del chile jalapeño.

Nombre científico	<i>Capsicum annum</i>
Familia	<i>Solanaceae</i>
Origen	Trópico de América Central, del Sur y Norte

En el chile principalmente, se ha encontrado una sustancia llamada capsaicina; también contiene vitaminas A, B y C.

El chile jalapeño es de color verde, de forma cónica alargada mide en promedio 6 cm de largo por 2.5 cm de ancho. El nombre de chile jalapeño es el más usado en todo el país, se le da este nombre porque se dice que antiguamente se cultivaba en Jalapa, Veracruz desde donde se comercializaba a otras partes, actualmente ya no se cultiva ahí, pero es un chile muy famoso y utilizado en la Gastronomía Veracruzana. En la capital también se le llama chile cuaresmeño

porque antiguamente sólo lo llevaban durante la época de cuaresma, era un chile especial para rellenar con queso o con atún (INFO RURAL, 2012a).

Cuando llega a su estado de maduración toma un color rojo intenso y ahumado se convierte en el chile chipotle que en su versión seca es de los chiles más importantes. Dentro del chile jalapeño, existen gran cantidad de variedades con leves diferencias de forma y grado de picor. Más del 60 por ciento de los chiles jalapeños producidos se procesan como salsa de chiles, chiles encurtidos, chiles secos y quesos con jalapeño (Rosas 2014).

Capsaicinoides

Una de las propiedades de los frutos del género *Capsicum* es su poder pungente o picante, atribuido a un conjunto de compuestos denominados capsaicinoides. El compuesto químico capsaicina o capsaína (8-metil-N-vanillil-6-nonenamida) es el componente más activo de los pimientos picantes, el más abundante e importante y, aunque no tiene sabor, produce una intensa sensación picante y persistente calor (Ringuelet y Viña, 2013).

La capsaicina junto con otras sustancias relacionadas, se denominan en su conjunto capsaicinoides y son producto de rutas biosintéticas secundarias a partir de los aminoácidos fenilalanina, valina y leucina (Ringuelet y Viña, 2013).

Cosecha y manejo Postcosecha del Chile Jalapeño

La cosecha:

Después de 55 a 60 días de haber sido trasplantado, empieza la cosecha y esta debe hacerse cada semana, ya que si se realiza por más días, se para la floración y el crecimiento de la planta, la cual alarga el ciclo de producción y baja la productividad. La cosecha semanal es importante para evitar tener chile estriados o rayado (De León Barrios, 2011).

Para la mayoría de mercados los chiles deben presentar un color verde oscuro y no debe cosecharse chile tierno. Los chiles para cosecha deben tener un largo y grosor requerido por el cliente, por eso es necesario hacer conteos del número de frutos planta para que estén listos (De León Barrios, 2011). El corte se hace realizando un movimiento para arriba (contrario a la caída del pedúnculo) para que el desplazamiento se facilite (De Leon Barrios, 2011).

El manejo postcosecha de chile jalapeño es importante debido a que las pérdidas pueden llegar a 100% del cultivo dentro de 12 a 24 horas de la cosecha por problemas de pudrición por bacteria. Con el manejo correcto y condiciones de transporte y almacenamiento adecuadas, se puede almacenar el chile jalapeño por 3 a 4 días (USAID, 2006).

Las recomendaciones para mantener la calidad postcosecha de chiles verdes según (Cantwell, 2012) son:

Índices de madurez

- ❑ Chiles verde-maduros; tamaño, firmeza y color del fruto
- ❑ Chiles de Color: un mínimo de 50% de coloración para que puedan completar la coloración durante periodo postcosecha

Índices de Calidad

- ❑ Forma, tamaño y color uniforme y típico del cultivar
- ❑ Firmeza
- ❑ Ausencia de defectos, tales como grietas, pudrición y quemaduras solares

Temperatura Óptima

Los chiles se deben enfriar lo más rápido posible para reducir las pérdidas de agua. Si la temperatura de conservación es superior a 7.5°C (45°F) aumenta la pérdida de agua, arrugamiento, cambio de color, y pudriciones. La conservación a 7.5°C (45°F) se considera la mejor herramienta para alargar la vida postcosecha (sobre 3 a 5 semanas). Los chiles se pueden conservar a 5°C (41°F) por 2 semanas

sin síntomas visibles de daño por frío. La conservación a 5°C (41°F) reduce la pérdida de agua y la deshidratación, pero después de 2 a 3 semanas, se puede manifestar el daño por frío como un pardeamiento de las semillas como síntoma principal. Entre los síntomas de daño por frío están las depresiones de la piel (picado), pudrición, pardeamiento anormal de las semillas y de la cavidad interna y el ablandamiento excesivo. Los chiles maduros o los que han desarrollado su color son menos sensibles al daño por frío que los chiles verde-maduros (López, 2013).

Humedad Relativa Óptima

La humedad relativa óptima debe ser mayor a 95% dado que la firmeza de los chiles se relaciona directamente con la pérdida de agua (López, 2013).

Tasa de Producción de Etileno

Durante la maduración los chiles jalapeños son frutos de patrón fisiológico no-climatérico y producen niveles muy bajos de etileno: 0.1-0.2 $\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{h}$ a 20-25°C (68-77°F) (López, 2013).

Consideraciones especiales

La pungencia o “picor” de los chiles picantes es debido al contenido en capsaicinoides (el principal la capsaicina) 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 capsaicina (López, 2013).

Para los mercados de Estados Unidos, las grietas de la superficie del fruto son consideradas como defectos. Sin embargo, en otros mercados, el “corchado” es una característica conocida de ciertos cultivares y generalmente asociado con los chiles jalapeños que son curados en escabeche (Cantwell, 2012).

Los principales problemas en postcosecha son pudriciones por *Erwinia*, daño mecánico fresco, deshidratación y maduración prematura. Todos son causados por los manejos inapropiados (USAID, 2006).

Manejo de Postcosecha

La postcosecha es entendida como todas las operaciones que se realizan después de la cosecha de un producto buscando dar valor agregado o al menos disminuir las pérdidas en los procesos de manipulación transporte y almacenamiento (Castellano *et al.*, 2005).

Las prácticas postcosecha están directamente relacionadas con el manejo y control de variables como: la temperatura y la humedad relativa, la selección y el uso de empaques, y la aplicación de tratamientos suplementarios, como fungicidas y recubrimientos (Infoagro, 2013).

El papel de la tecnología es esencial en las fases de producción, cosecha y postcosecha de un producto. La tecnología que se aplica a los procesos productivos tiene como objetivo fundamental dar lugar a un producto de una determinada calidad, y todas las acciones colaterales realizadas se limitan a conservar, mantener y realizar/maximizar los atributos de la calidad del producto.

En respuesta a la necesidad de reducir los riesgos de contaminación asociados con la producción y comercialización de las frutas y hortalizas frescas, como mecanismo para generar mayores oportunidades de mercado, se han hecho grandes esfuerzos a todos los niveles gubernamentales y de la industria alimentaria para desarrollar y aplicar prácticas seguras para el manejo de las frutas y hortalizas en toda la cadena alimentaria.

Tomando en cuenta este marco teórico, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Los recubrimientos comestibles considerados como nuevas tecnologías son ideales para alargar la vida postcosecha en chiles jalapeños?

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

La etapa experimental del trabajo realizado, se llevó a cabo en las Instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el Laboratorio 1 del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Etapa experimental I. Elaboración y caracterización de un recubrimiento comestible a base de carragenina y aceite de limón.

Preparación de la formulación

Se preparó la formulación de la película comestible; en base a 100% con 1.5% de carragenina, 30% de glicerol y 30% de aceite de limón.

En una parrilla de calentamiento, se colocaron vasos de precipitación con 100 mL de agua destilada a una temperatura de 55°C, posteriormente se le agregó 30% de glicerol y 30% de aceite de oliva, la solución se mantuvo en agitación hasta que disolviera las sustancias mencionadas y se adicionó 1.5% de carragenina, se mantuvo en agitación hasta observar la disolución homogénea y sin grumos.

Etapa experimental II. Aplicación del recubrimiento comestible a base de carragenina y aceite de limón sobre frutos frescos de chile jalapeño (*Capsicum annum L.*) almacenados en temperatura ambiente y de refrigeración durante un periodo de 30 días.

Los frutos de chile jalapeño fueron obtenidos en tiendas comerciales de la ciudad de Saltillo, las muestras fueron seleccionadas en base a tamaño, color, sin daños mecánicos. Se lavaron y se desinfectaron en tres litros de agua con una solución de cloro comercial (200 ppm) y posteriormente se colocaron en charolas de plástico para dejarse secar en el laboratorio uno del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, durante 24 horas.

Se seleccionaron dos grupos, cada grupo con 18 chiles marcados con las letras A hasta la F con recubrimiento comestible, y otros marcados con la letra H hasta la N destinados para control; estos chiles estuvieron bajo condiciones a temperatura ambiente durante 25 días.

Después de las evaluaciones físicas y químicas, de los chiles jalapeños a temperatura medio ambiente, se realizó el mismo procedimiento con nuevos chiles para evaluarlos bajo condición a temperatura de refrigeración a 8° C.

Las aplicaciones que se realizaron fueron por inmersión para el tratamiento a temperatura de refrigeración y de forma manual con brocha en medio ambiente.

Para frutas con superficies irregulares, el método más adecuado es el de inmersión, debido a que se requiere un recubrimiento uniforme (Baldwin *et al.*, 1997).

Para la aplicación de el recubrimiento en ambas temperaturas se estable que la fruta debe ser lavada y secada previamente, luego se sumerge directamente en la formulación del recubrimiento. Posteriormente se deja drenar el material sobrante y se procede al secado, este método es muy aplicado en recubrimientos comestibles con cera en frutas enteras, garantizando un impregnado completo para formar una película membranosa delgada sobre la superficie de la fruta (Djioua *et al.*, 2010).

Evaluación de parámetros físicos

Pérdida de peso

Para la evaluación de esta variable se tomó el peso del fruto (tres frutos de cada grupo) con recubrimiento comestible y testigo (sin recubrimiento) a temperatura ambiente a 25° C y de refrigeración a 8° C durante un periodo de días (0, 5, 10 y 15) con balanza digital Sartorius Electronic Toploader (1006 MP9 USA). De acuerdo a la metodología (Mannheim y Soffer, 1996).

Color

Para este parámetro se siguió el procedimiento descrito por Maftoonazad *et al.* (2008).

Muy a menudo, el primer juicio sobre la calidad de un alimento depende de sus diversas características organolépticas tales como el color, la estructura de la superficie y la forma. El color, en particular, es un importante atributo sensorial. Se puede definir como una percepción visual que se genera en el cerebro al interpretar las señales nerviosas que le envían los fotorreceptores de la retina del ojo y que a su vez interpretan y distinguen las distintas longitudes de onda que captan de la parte visible del espectro electromagnético (MacDougall, 2001).

Para realizar este parámetro en los frutos de chile jalapeño a temperatura ambiente y de refrigeración se utilizó un colorímetro Minolta CR-400 (Minolta corp, Ramsey, U.S.A.). La medida del color se realizó por triplicado de fruto en la parte superior, central e inferior. El colorímetro proporciona tres valores de color:

L*, componente negro-blanco, luminosidad

Y coordenadas de cromaticidad

a* componente + rojo a – verde

b* componente + amarillo a – azul

Firmeza

La firmeza se usa principalmente como índice de cosecha y es medido con instrumentos que registran la fuerza necesaria para una determinada deformación o resistencia a la penetración de un émbolo de dimensiones conocidas.

En este parámetro de medición se utilizó un penetrómetro digital Force Gauge; este equipo es ideal para determinar el momento óptimo de recolección o para

controlar la evolución de la maduración de gran cantidad de frutas. Se realizaron tres lecturas a cada fruto a temperatura ambiente y de refrigeración, estas en la parte superior, central e inferior de cada uno de ellos, pelando una pequeña parte para la medición de fuerza y los resultados se expresaron en Newton (N) obteniendo tres repeticiones por fruto (Bourne, 1980).

Evaluación de parámetros químicos

Vitamina C

Este análisis se realizó mediante el método descrito por Ranganna (1999).

La evaluación de este parámetro a temperatura ambiente y de refrigeración, se realizó por triplicado para cada fruto (con recubrimiento comestible y testigo).

Siguiendo la metodología de obtención de vitamina C, de cada muestra (chile jalapeño) se procedió a pesar 20 g de cada una de estas colocando en un mortero y se agregaron 10 mL de HCL al 2%, se trituró hasta obtener una consistencia de papilla. Seguidamente se añadieron 100 mL de agua destilada y se homogenizó, el contenido que se obtuvo se filtró por medio de una gasa y el filtrado se recibió en un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se midió el volumen exacto de este.

Se tomó una alícuota de 10 mL y se colocó en un matraz Erlenmeyer (tres repeticiones), esta se tituló con reactivo de Thielmann hasta la aparición de una coloración rosa. El contenido de vitamina C presente en la muestra, se calculó con la siguiente formula:

$$\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \text{ de vitamina C} = \frac{\text{VTR} \cdot 0,088 \cdot \text{VT} \cdot 100}{\text{VA} \cdot \text{P}}$$

Donde:

VRT: volumen gastado en mL del reactivo de Thielmann

0.088: miligramos de ácido ascórbico equivalente a 1 mL de reactivo de 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

Acidez titulable

Para determinar la acidez titulable, la muestra se trituró en un procesador de alimentos, marca nutribullet. El jugo se filtró a través de un embudo utilizando papel filtro y se tomaron 10 ml de este y se colocó en un matraz Erlenmeyer de 125 mL (tres repeticiones), se añadieron cuatro gotas de fenolftaleína al 1% (a cada repetición). Posteriormente se titularon las muestras con NaOH a 0.1 N (Hidróxido de sodio 0.1 N) hasta el punto de viraje rosa (Mazumdar y Majundar, 2003).

El porcentaje de acidez se calculó por medio de la fórmula:

$$\% \text{ ácido} = \frac{V * N * \text{Meq} * 100}{\text{Alícuota valorada}}$$

Donde:

V: volumen de NaOH gastado 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

Sólidos solubles totales

Este análisis se realizó mediante el método AOAC (1994).

En esta determinación las muestras (con recubrimiento y testigo) a temperatura ambiente y de refrigeración se realizaron por triplicado. Las muestras se molieron en un procesador, durante 5 minutos. Para determinar el contenido de sólidos solubles totales se empleó un refractómetro digital, en el que se realizó el blanco colocando unas gotas de agua destilada en el prisma y pulsando el botón

“zero” y se limpió con un papel; se añadió unas gotas del zumo que se determinó y se oprimió el botón “start”. El refractómetro digital da la medida directamente en la pantalla.

La concentración en sólidos solubles se expresa en °Brix que originalmente es una medida de densidad (1 °Brix es la concentración de una disolución de sacarosa al 1 % peso y a esta le corresponde un índice de refracción, de esta manera se establece la correspondencia entre porcentaje de sólidos solubles y grados °Brix).

Carotenoides

Esta variable se determinó mediante el método colorimétrico según Arellano (2011).

Para la evaluación de este parámetro de carotenoides en las muestras (con recubrimiento y testigo) a temperatura ambiente y de refrigeración, se pesaron 10 gramos de muestra finamente picados y se colocaron en un vaso de precipitado de 250 mL, cubriéndose con acetona al 85% y tapándose con papel aluminio dejándose reposar por 24 horas en refrigeración a 8° C.

Transcurridas las 24 horas se transfirió a un mortero y trituró, el líquido filtrado se transfirió a través de una gasa a un embudo de separación. La muestra se lavó 4 veces más con 20 mL de acetona y se recuperó el líquido nuevamente en el embudo de separación. Al líquido filtrado se le agregaron 20 mL de éter de petróleo, 100 mL de agua destilada y se mezcló suavemente, dejando reposar para la separación de dos capas. Se desechó la capa inferior y se conservó el extracto con carotenoides, y se repitió dos veces lo mencionado anteriormente.

Posteriormente se añadieron 10 mL de NaOH al 40% y se mezclaron suavemente, para la eliminación de este se lavó con 50 mL de agua destilada agregando fenolftaleína, se agregaron 20 mL de sulfato de sodio al 10% y se dejaron reposar para la separación de las dos capas, desechando la inferior (se repitieron dos veces). Lo obtenido se filtró en una gasa que contenía sulfato de sodio anhidro y el líquido se recuperó en una probeta de 100 ml, anotando el volumen exacto.

Se colocaron muestras de aproximadamente 3 mL en celdillas para espectrofotometría (triplicado para cada muestra) y se tomó la lectura a una longitud de onda de 454 nm, utilizando como blanco éter de petróleo.

Se calculó el contenido de carotenoides mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Donde: } \frac{\text{mg}}{100 \text{ g}} = \frac{\text{Abs}_{454} * 3.857 * V * 100}{P}$$

Abs: absorbancia a una longitud de onda de 454 nm

V: volumen medido en la probeta en mL

P: peso de la muestra en g

Clorofila

Este parámetro se llevó en cada muestra (con recubrimiento y testigo) a temperatura ambiente y de refrigeración, se pesaron 2.5 g de muestra finamente picada y se colocó en un vaso de precipitado de 50 mL, se le agregó acetona (al 85%) hasta cubrir la muestra, se tapó con papel aluminio y se reposo durante 24 horas en refrigeración. Transcurridas las horas se sacó y colocó en un mortero para triturar.

El líquido obtenido se transfirió en un matraz de aforación de 100 mL, filtrando la muestra a través de un filtro de gasa., posteriormente se lavó 4 veces con porciones de 20 mL de acetona al 85% y se filtró cada lavado a través de la gasa nuevamente recibiendo en el matraz de aforación y se aforó con acetona nuevamente. Se colocaron porciones de muestra en celdillas para espectrofotómetro UV/VIS y se tomaron lecturas de absorbancia a una longitud de 643 nm y 660 nm, utilizando acetona al 85% como blanco (Ranganna, 1999).

Se calculó clorofila total, clorofila a y clorofila b mediante las formulas siguientes:

CLOROFILA TOTAL

$$\text{mg/g} = \frac{(7,12 * \text{Abs } 660 \text{ nm}) + (16,8 * \text{Abs } 642,5 \text{ nm})}{10 * W}$$

CLOROFILA a

$$\text{mg/g} = \frac{(9,93 * \text{Abs}660\text{nm}) - (0,777 * \text{Abs}642,5\text{nm})}{10 * W}$$

CLOROFILA b

$$\text{mg/g} = \frac{(17,6 * \text{Abs} 642,5 \text{ nm}) - (2,81 * \text{Abs}660\text{nm})}{10 * W}$$

Contenido de capsaicina

La cuantificación de capsaicina se realizó por el método propuesto por López Martínez *et al.*, 1999.

En esta determinación de capsaicina se realizó una curva de calibración con una solución de stock de capsaicina (M2028 SIGMA, capsaicina \geq 95% de *Capsaicina sp.*) diluida en etanol. Para cada muestra se pesó 1 gramo y se disolvió en etanol a 95% colocándolas en tubos de ensayos con tapas agitando en un agitador vórtex durante 15 minutos. Se filtró y aforo con etanol a un volumen de 25 mL. Se realizó la extracción en un embudo de separación agregando 2.5 mL de solución amortiguadora de pH 2.8, 1.5 mL de muestra y 0.5 mL de etanol, y se agregó agua para lograr un volumen total de 25 mL. Se adicionaron 10 mL de la solución de adogen-tolueno (adogen 4641 en 1 litro de tolueno). Se agitó durante un minuto, se separaron las fases y la orgánica se tomó para la lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 286 nm.

Respiración

Para realizar el análisis del contenido del CO₂ y obtención de la velocidad de respiración se pesó y midió (largo y ancho en cm) los chiles jalapeños a evaluar con recubrimiento y testigo a temperatura ambiente y de refrigeración. Se colocaron en frascos anchos con tapas modificadas (septum colocado en el centro de la tapa del frasco) para prueba de respiración de aproximadamente 2 L.

La respiración de los chiles jalapeños en los frascos con tapas se realizó cada cinco días con intervalo de 15 minutos durante unos 60 minutos. Las lecturas de gas se tomaron con la inserción con una aguja especial a través de un septum colocado en el centro de la tapa del frasco. La aguja estaba conectada a través del equipo analizador de gas de CO₂/O₂ (PBI Dansensor marca Checkmate II, Denmark) (Pushkala *et al.*, 2013).

La velocidad de respiración fue calculada mediante la siguiente formula:

$$\text{Velocidad de respiración} = (\text{pendiente \%CO}_2) * \frac{V}{W*t}$$

Donde:

% CO₂ = pendiente de los porcentajes de CO₂

w = peso de la muestra en g

t = tiempo (h)

V = Volumen libre del frasco en mL (volumen total del frasco es 1,850 mL)

Diseño

En esta investigación se empleó un diseño experimental (diseño completamente al azar) el cual de acuerdo (Mellado, 2012) se define como:

El diseño completamente al azar es una prueba basada en el análisis de varianza, en donde la varianza total se descompone en la “varianza de los tratamientos” y la “varianza del error”. El objetivo es determinar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, para lo cual se compara si la “varianza del tratamiento” contra la “varianza del error” y se determina si la primera es lo suficientemente alta según la distribución F.

Variable independiente. La aplicación del recubrimiento comestible funcional de carragenina y aceite de limón.

Variables independientes. En este estudio se utilizaron dos variables:

- Chiles jalapeños con recubrimiento y control a temperatura ambiente.
- Chiles jalapeños con recubrimiento y control a temperatura de refrigeración.

Variables dependientes

- Evaluación de parámetros: pérdida de peso, color, firmeza, vitamina C, acidez titulable, SST, carotenoides, clorofila, contenido capsaicina y respiración.

Los datos recogidos para las variables dependientes, se analizaron mediante un análisis de varianza ANOVA y prueba Tukey, utilizando el programa JMP versión 5.0.1.

Limitaciones del estudio.

En el desarrollo de la investigación se presentaron las siguientes limitaciones:

- Realizar análisis sensorial como seguimiento de esta investigación.
- La investigación no incluyo un análisis microbiológico.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS

En esta etapa se evaluaron parámetros físicos y químicos con un análisis estadístico, los parámetros físicos en los chiles jalapeños a temperatura ambiente y de refrigeración son pérdida de peso, color (L^* , a^* y b^*) y firmeza; y como parámetros químicos vitamina C, acidez titulable, sólidos solubles totales, carotenoides, clorofila, contenido de capsaicina y respiración

De acuerdo a la hipótesis, en el capítulo I de introducción se deriva el planteamiento de la siguiente pregunta:

¿El recubrimiento funcional de carragenina, logra mantener las características de calidad después de la postcosecha en los chiles jalapeños a temperatura ambiente y de refrigeración?

Para el análisis de los datos, se utilizó el programa estadístico JMP, versión 5.0.1 para analizar los datos (muestras), en ambas temperaturas.

Se realizó un análisis de varianza ANOVA y en caso de existir diferencias significativas se aplicó una comparación de medias por Tukey a una $p < 0.05$.

Los datos obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) para las variables (variables dependientes), se muestran en los anexos.

Evaluación de parámetros físicos

Pérdida de peso

El déficit de agua durante el almacenamiento afecta fundamentalmente a la turgencia de los tejidos vegetales, por lo que la pérdida de esta turgencia va afectar a diversas funciones metabólicas, pero sobre todo a cambios en la textura lo que

conlleva a una pérdida del “estado fresco” del producto vegetal, por lo que el mantenimiento de la proporción de agua en los productos vegetales es esencial para mantener la calidad (Gómez-Galindo *et al.*, 2004).

Como se mencionó anteriormente, la pérdida de agua hace que se pierda la calidad y conlleva a una pérdida de peso en el fruto. El análisis de varianza en la Figura 1 mostró que existe diferencia significativa ($P < 0,05$) de acuerdo a los resultados obtenidos en el (anexo 1), en las muestras con recubrimiento y control a temperatura ambiente, sin embargo hay una mayor pérdida de peso en los chiles jalapeños con recubrimiento, lo que indica que no fue favorable.

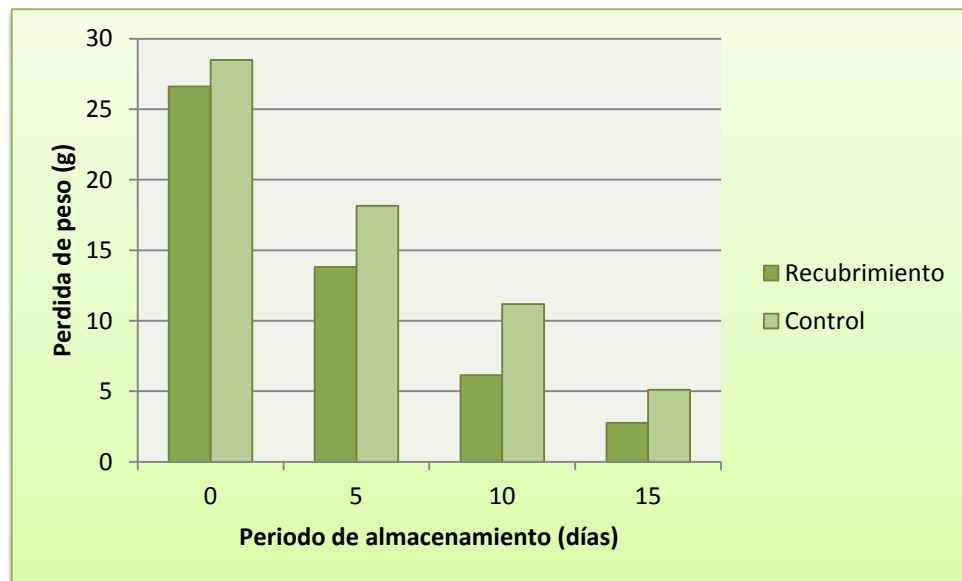


Figura 1. Pérdida de peso a temperatura ambiente.

Sin embargo las muestras a temperatura de refrigeración con recubrimiento, favorecieron a los chiles jalapeños, ya que tuvieron menor pérdida de peso conforme el tiempo. El análisis de varianza arrojó que hay una diferencia significativa ($p < 0,05$) de acuerdo al (anexo 2), en relación al tiempo como se muestra en la Figura 2.

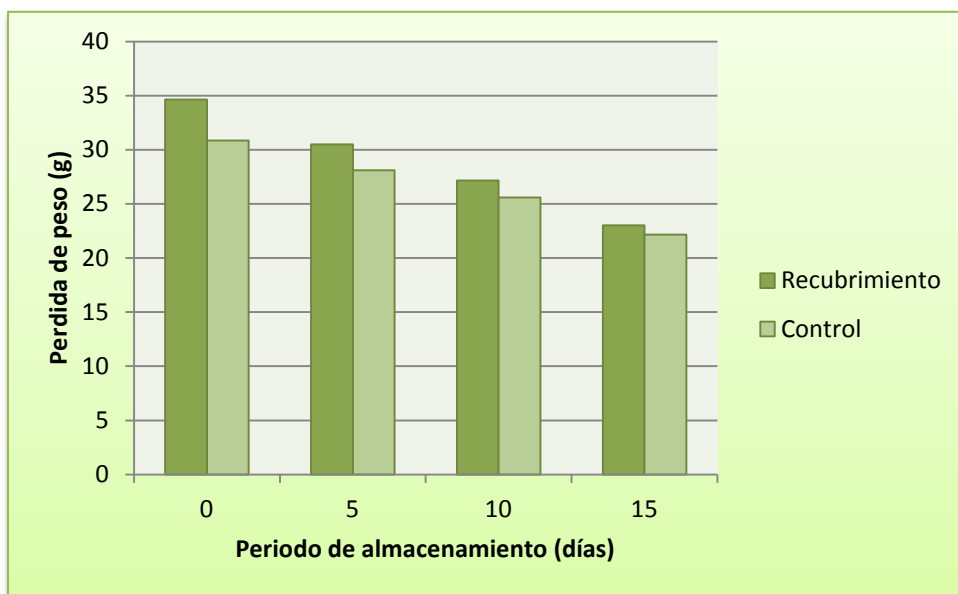


Figura 2. Pérdida de peso a temperatura de refrigeración.

La disminución en el contenido de humedad puede ser una de las principales causas de deterioro, ya que ésta no solo resulta en pérdidas cuantitativas directas (pérdidas de peso), sino que también causa pérdidas en la apariencia (debido al marchitamiento y deshidratación), textura (ablandamiento, flacidez, pérdida de consistencia y jugosidad) y valor nutricional (Kader, 1986).

Color

El color es la característica de calidad más importante de las frutas dado que es el primer atributo percibido por el consumidor y es la base para juzgar la aceptación del producto. Los cambios de color más importantes en las frutas están relacionados con cambios químicos y bioquímicos y con mecanismos fisicoquímicos como la degradación de cloroplastos y cromoplastos, con los cambios en pigmentos naturales (clorofila, carotenoides y antocianinas) y con el desarrollo de pardeamiento enzimático (De Ancos y *et al.*, 2006).

En la Figura 3, la luminosidad respecto al análisis de varianza (anexo 3) representó una diferencia significativa ($p < 0,05$) en recubrimiento y control, la luminosidad en ambas muestras tuvieron un comportamiento similar. La luminosidad

en las muestras con recubrimiento en los días (0, 5) fue favorable a comparación de los controles. Los recubrimientos comestibles en chiles jalapeños permitieron mantener el color de los frutos durante el almacenamiento.

En la figura 3 los valores de la coordenada a^* representa que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) de acuerdo a los resultados del (anexo 4) en base al tiempo en ambas muestras (recubrimiento y control) a temperatura ambiente, hubo mejor desempeño en los chiles con recubrimiento, ya que las muestras control aumentaron su color rojo transcurriendo el tiempo.

Respecto a los valores de la coordenada b^* , representa que hay diferencia significativa ($p < 0,05$) como resultado del (anexo 5), para las muestras con recubrimiento y control a temperatura ambiente, las muestras control aumentaron su color amarillo, a comparación de las muestras con recubrimiento estas iban aumentando pero lentamente.

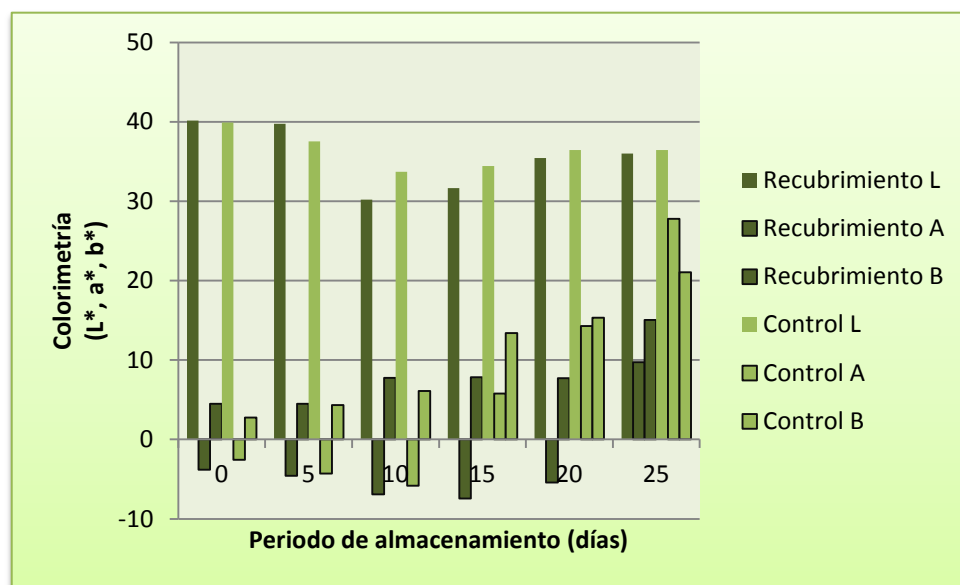


Figura 3. Colorimetría L^* , a^* , b^* a temperatura ambiente

La diferencia que existe en las muestras a temperatura de refrigeración es muy significativa; la luminosidad que presentó las muestras a temperatura de refrigeración, de acuerdo al análisis de variancia observados en el (anexo 6)

demostró que hay una diferencia significativa ($p < 0,05$) en base al tiempo en ambas muestras con recubrimiento y control; en la Figura 4, se observa que las muestras con recubrimiento son más favorables, porque tienen mayor luminosidad lo que representa que hay mayor brillo en estas, sin embargo las muestras control tuvieron menor brillo.

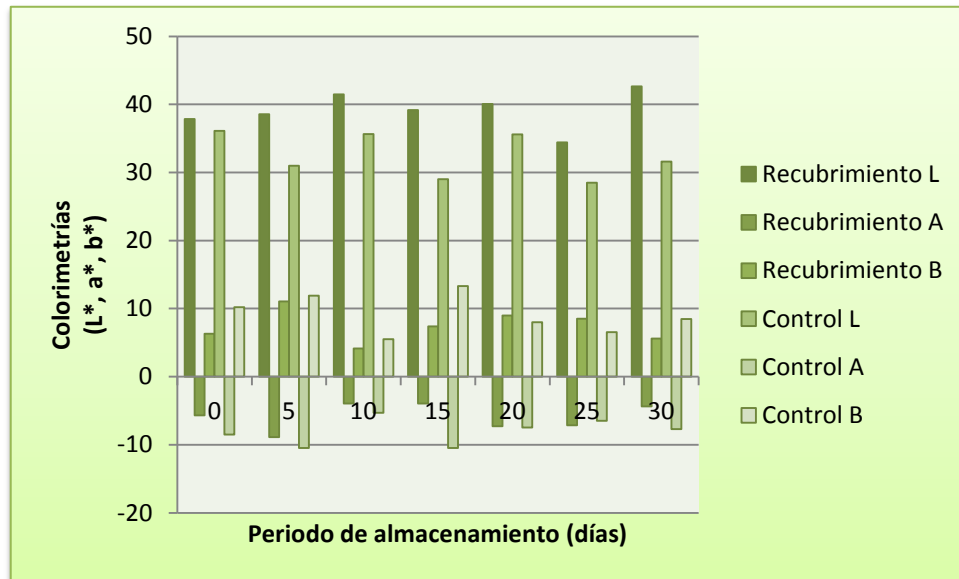


Figura 4. Colorimetría L*, a*, b* a temperatura de refrigeración

Como se muestra en la Figura 4 en la coordenada a*, de acuerdo a los resultados del (anexo 7) existe diferencia significativa ($p < 0,05$) en base al tiempo y en ambas muestras con recubrimiento y control; se observó aumento del color rojo en las muestras control en comparación con las que tienen recubrimiento.

El análisis de varianza que presenta la coordenada b*, da como resultado del (anexo 8) que hay una diferencia significativa ($p < 0,05$) en ambas muestras, las muestras control representan un aumento del color amarillo, en cuanto al recubrimiento la cantidad de color es menor.

Firmeza

La firmeza es la consistencia de los frutos, determinada tradicionalmente como la fuerza necesaria para deformar la superficie de un fruto con el dedo pulgar. La

firmeza es un atributo textural importante en frutas y hortalizas que se utiliza en relación al establecimiento del momento óptimo de la recolección, a la evaluación de la calidad durante el almacenamiento, a la comercialización en fresco o al procesado inicial de los productos.

En la Figura 5 de acuerdo a los resultados arrojados (anexo 9), el análisis de varianza mostró que existe diferencia significativa ($p < 0,05$), en relación al tiempo y de muestras con recubrimiento y control. Las muestras con recubrimiento reflejaron mejor diferencia que las muestras control durante el tiempo de almacenamiento, sin embargo al finalizar está disminuye.

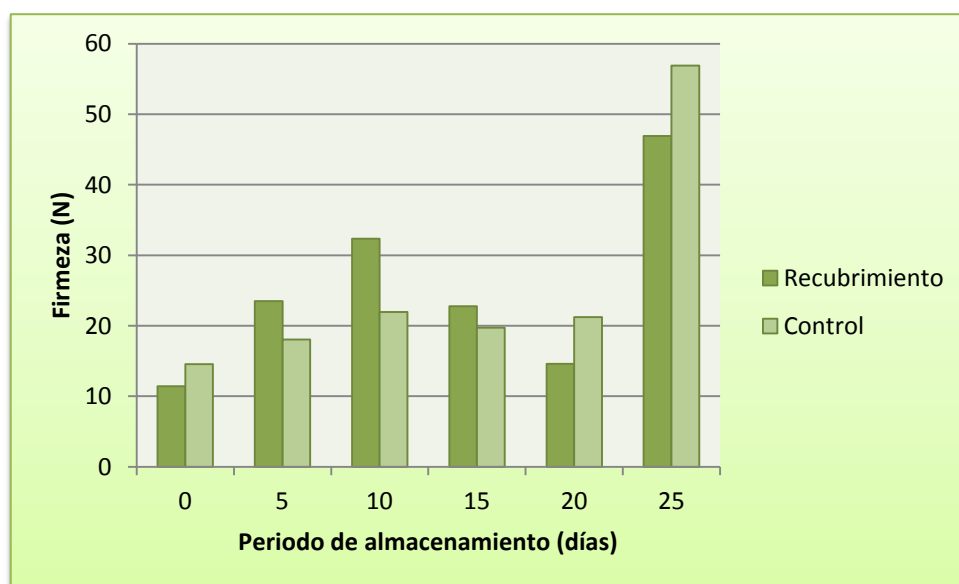


Figura 5. Firmeza a temperatura ambiente

En términos generales, la calidad de los frutos depende de que éstos mantengan su firmeza (Cantwell, 2006), la cual indica una madurez aceptable, fresca, y que están libres de magulladuras o daño interno (Edan *et al.*, 1997).

La firmeza del fruto también se ve afectada por la transpiración, la cual ocasiona que éste pierda agua y, al no tener una fuente de suministro (planta madre), pierde turgencia y firmeza (Arias *et al.*, 2000; Villarreal–Romero *et al.*, 2002).

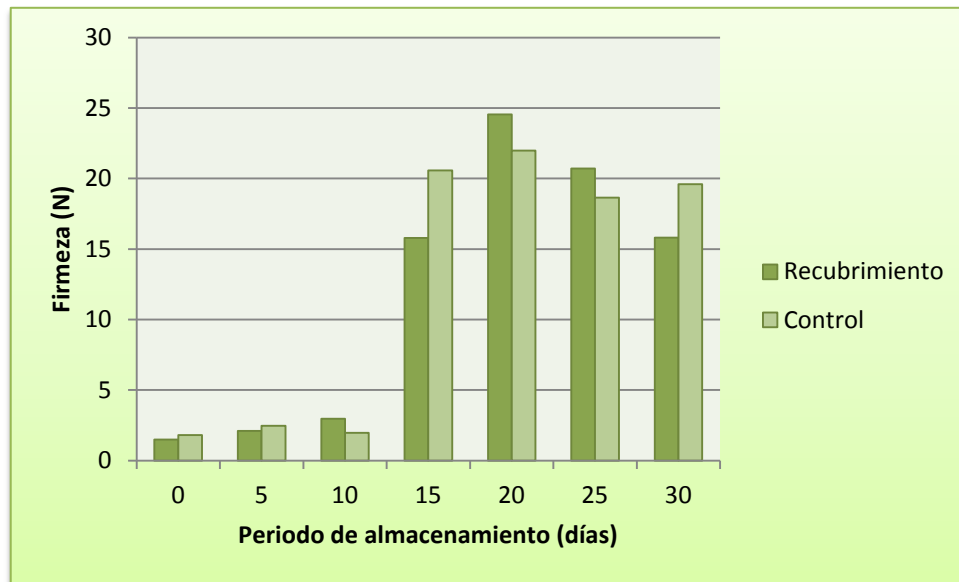


Figura 6. Firmeza a temperatura de refrigeración

En el análisis de varianza que se realizó a temperatura de refrigeración, se demostró que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) como resultados del (anexo 10) en ambas muestras y con relación al tiempo. La Figura 6, muestra que la firmeza en los recubrimientos fue mayor, esto podría deberse a que hay menor pérdida de agua.

Evaluación de parámetros químicos

Vitamina C

Uno de los parámetros importantes establecidos en la calidad de las frutas y hortalizas es el contenido de vitamina C, potente antioxidante natural. Se conserva esta vitamina en el alimento, los demás nutrientes también serán conservados, ya que la degradación, oxidación, deshidratación y polimerización de esta vitamina forma otros productos nutritivamente inactivos (Fennema, 2000); por lo que la determinación de vitamina C es un índice de calidad de nutrientes como el hierro, calcio, fibra, potasio, proteínas, carbohidratos, vitamina A, etc., muy importantes durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos (Pitalúa, 2005).

En la Figura 7 el análisis de varianza de acuerdo a los resultados (anexo 11), mostró que hay una diferencia significativa ($p < 0,05$) en ambas muestras.

Sin embargo no existe una favorable cantidad de vitamina C en las muestras con recubrimiento.

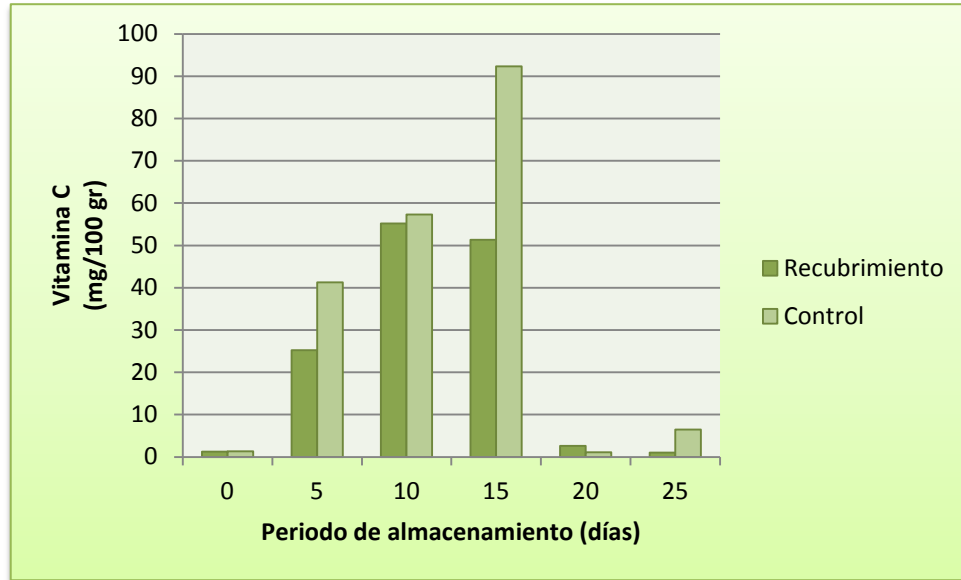


Figura 7. Contenido de Vitamina C a temperatura ambiente

Los Chiles Jalapeños son muy ricos en vitamina C, exactamente un pimiento contiene 109 mg de esta vitamina que se considera uno de los antioxidantes más importantes para la salud general, ya que es llamada la vitamina de las defensas orgánicas.

En la Figura 8, el análisis de varianza de acuerdo a los resultados (anexo 12) en las muestras a temperatura de refrigeración mostró que hay diferencia significativa ($p < 0,05$). El contenido de vitamina C fue favorable en los días 0, 10, 20 para muestras con recubrimiento; pero muy bajos en los últimos días de tratamiento. Uno de los parámetros importantes establecidos en la calidad de las frutas y hortalizas es el contenido de vitamina C, potente antioxidante natural (COVECA, 2010).

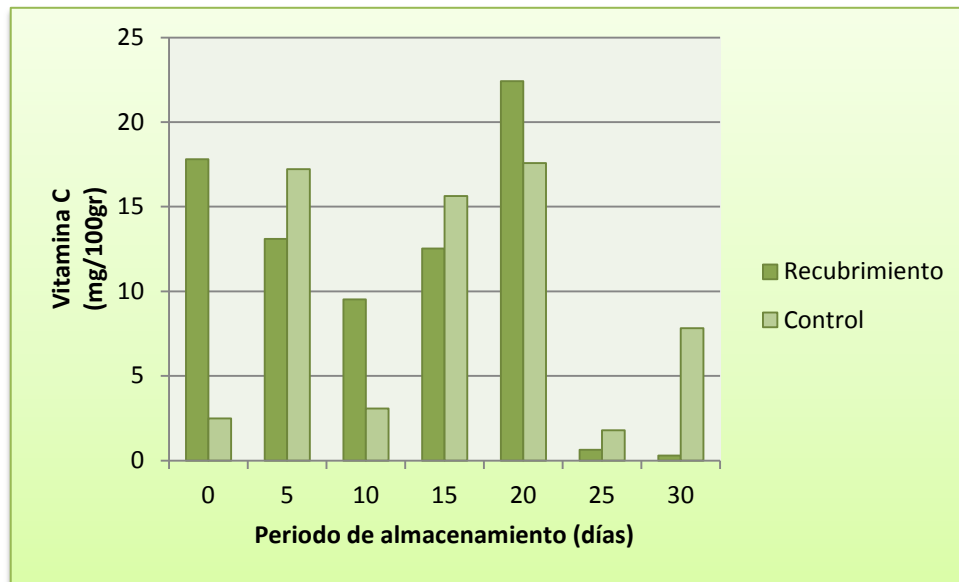


Figura 8. Contenido de vitamina C a temperatura de refrigeración

Acidez titulable

En alimentos el grado de acidez indica el contenido en ácidos libres; el cual es usado como un parámetro de calidad en los alimentos. En la Figura 9, el análisis de varianza arrojo que hay diferencia significativa ($p < 0,05$) de acuerdo al (anexo 13), en otras palabras la acidez titulable se presenta a mayor cantidad en las muestras control.

Al respecto, González–Céspedes *et al.* (2004) mencionan que la AT es un parámetro que disminuye con el estado de maduración del fruto (verde–inmaduro al rojo maduro) y con el tiempo de almacenamiento.

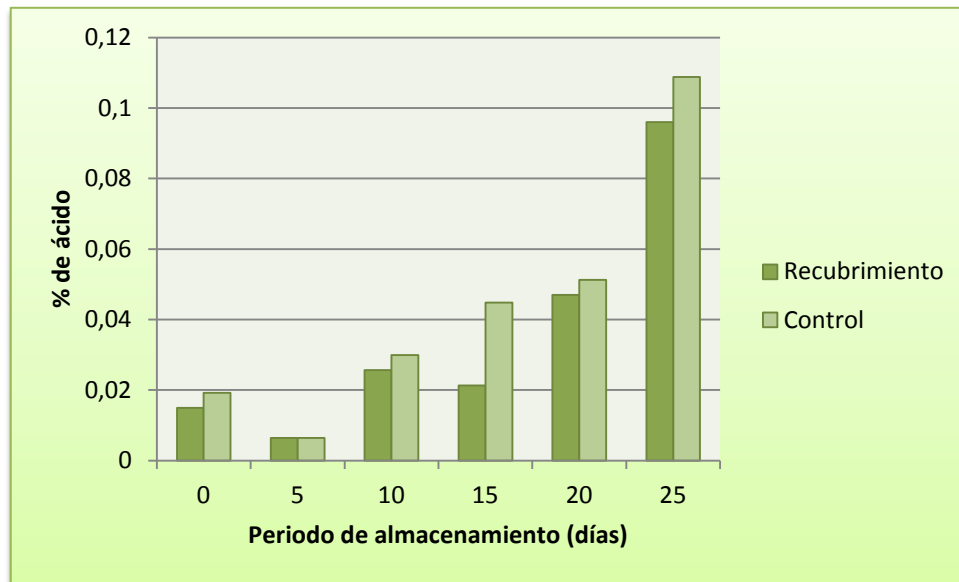


Figura 9. Porcentaje de ácido a temperatura ambiente

En la Figura 10, el análisis de varianza mostró que hay diferencia significativa ($p < 0,05$) como resultados del (anexo 14) en ambas muestras (con recubrimiento y control), los recubrimientos fueron más favorables en los días (0, 10 y 20). La acidez titulable se presentó mejor en la temperatura de refrigeración. Al respecto, González-Céspedes *et al.* (2004) mencionan que la AT es un parámetro que disminuye con el estado de maduración del fruto (verde-inmaduro al rojo maduro) y con el tiempo de almacenamiento.

La acidez decrece con la evolución de la madurez del fruto, ya que los ácidos orgánicos son usados como sustrato en el proceso de respiración (Žnidarčič y Požrl, 2006).

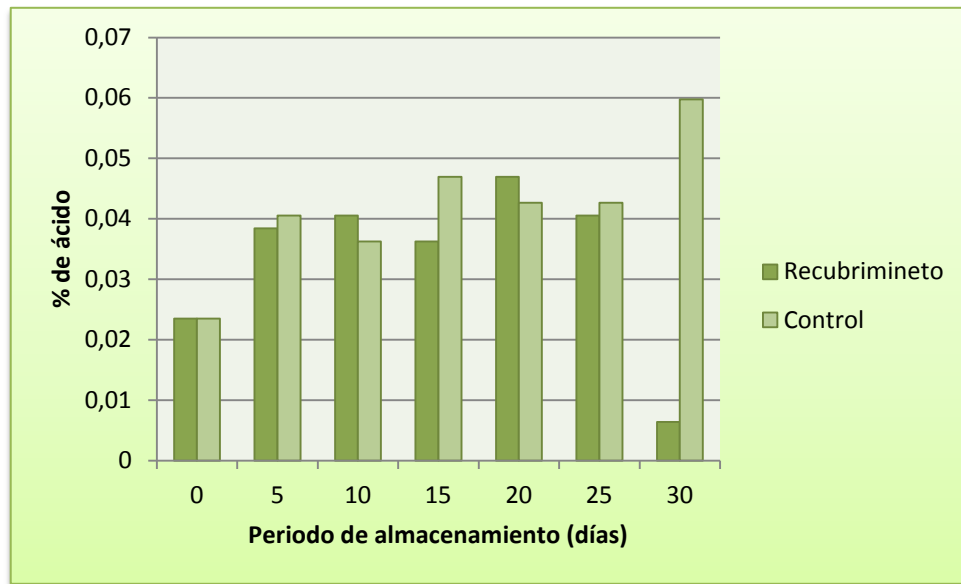


Figura 10. Porcentaje de ácido a temperatura de refrigeración

Sólidos solubles totales

La concentración en sólidos solubles se expresa en °Brix que originalmente es una medida de densidad (1 °Brix es la concentración de una disolución de sacarosa al 1 % peso y a esta le corresponde un índice de refracción, de esta manera se establece la correspondencia entre porcentaje de sólidos solubles y grados °Brix).

En la Figura 11, el análisis de varianza en los SST a temperatura ambiente, mostró que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) como resultados del (anexo 15). Las muestras control reflejaron mayor madurez a partir de los días 10 en adelante. Mientras las muestras con recubrimiento presentaron menos porcentaje de SST, siendo estas favorables.

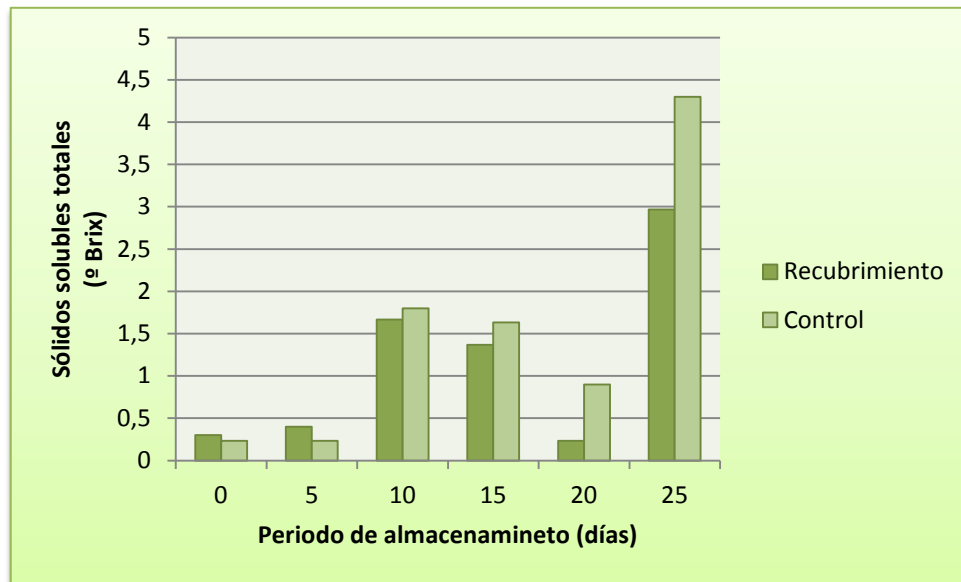


Figura 11. SST a temperatura ambiente

En la figura 12, el análisis de variancia demostró que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) de acuerdo a los resultados del (anexo 16), las muestras testigos presentaron mayor madurez por lo tanto mayor cantidad de SST. Las muestras con recubrimiento presentaron menor cantidad, esto debido a que tuvieron menor cantidad de SST.

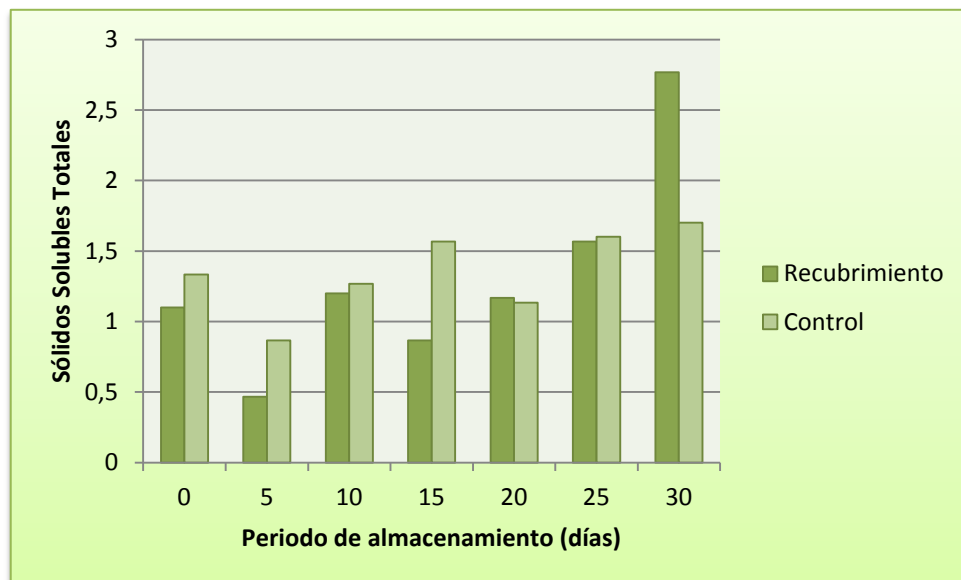


Figura 12. SST a temperatura de refrigeración

Carotenoides

Los frutos de *Capsicum* se han utilizado en forma de concentrados, oleorresinas y como especias en colorantes alimenticios. Los frutos presentan carotenoides, como ceto-carotenoides, capsantina, capsorubina contribuyendo a la coloración roja del fruto (Philip et al., 1971), mientras que β -caroteno, zeaxantina, luteína y β -criptoxantina son responsables del color amarillo-naranja.

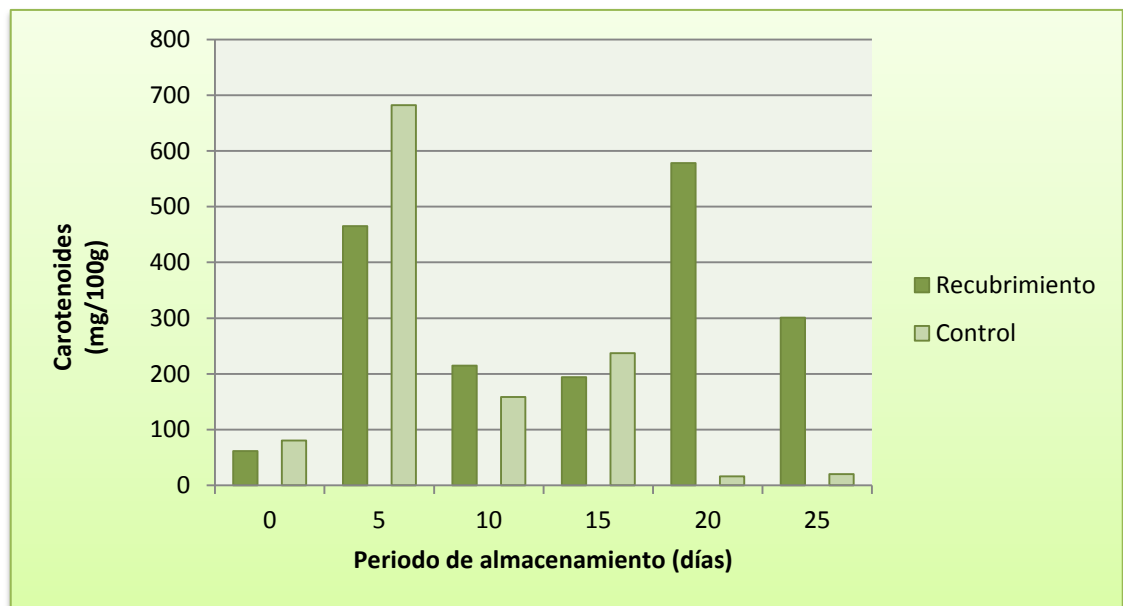


Figura 13. Contenido de carotenoides a temperatura ambiente

En la Figura 13, se observa como el contenido de carotenoides en las muestras con recubrimiento comestible se mantuvo en el transcurso del tiempo de almacenamiento, a diferencia de las muestras control el contenido de carotenoides se mantuvo solo en los tiempos (5, 10, 15) y después disminuyó considerablemente. El análisis de varianza mostró que hay diferencia significativa ($p < 0,05$) de acuerdo a los resultados del anexo (anexo 17).

En las frutas donde el color en la etapa de maduración se debe a las antocianinas como por ejemplo cerezas amarillas (Gross 1985), grosella roja (Gross 1982/83), fruta de la oliva (Minguez-Mosquera y Garrido-Fernández 1989) y frutilla o fresa (Woodward 1972; Gross 1982a) y en frutas que retienen el color verde como

por ejemplo kiwi (Gross 1982b), el contenido de carotenoides disminuye durante la maduración. La misma tendencia se observa con algunas frutas como por ejemplo la banana (Giami y Alu 1994), las cuales se tornan amarillentas debido a que la degradación de la clorofila desenmascara los carotenoides.

De acuerdo con Almeda *et al.* (1991), el contenido total de carotenoides en el fruto varía de acuerdo al tipo de cultivar, estado de madurez y condiciones de crecimiento. Además, la temperatura, iluminación y tiempo de secado para almacenar y/o elaborar subproductos pueden generar incrementos o decrementos en la concentración de los carotenoides (Gómez-Ladron y Pardo-González, 1996). Los procesos de secado, fabricación y extracción de pigmentos deben estar eventualmente resueltos para evitar pérdidas de color y conservar en forma más natural estos pigmentos (Minguez-Mosquera *et al.*, 1994).

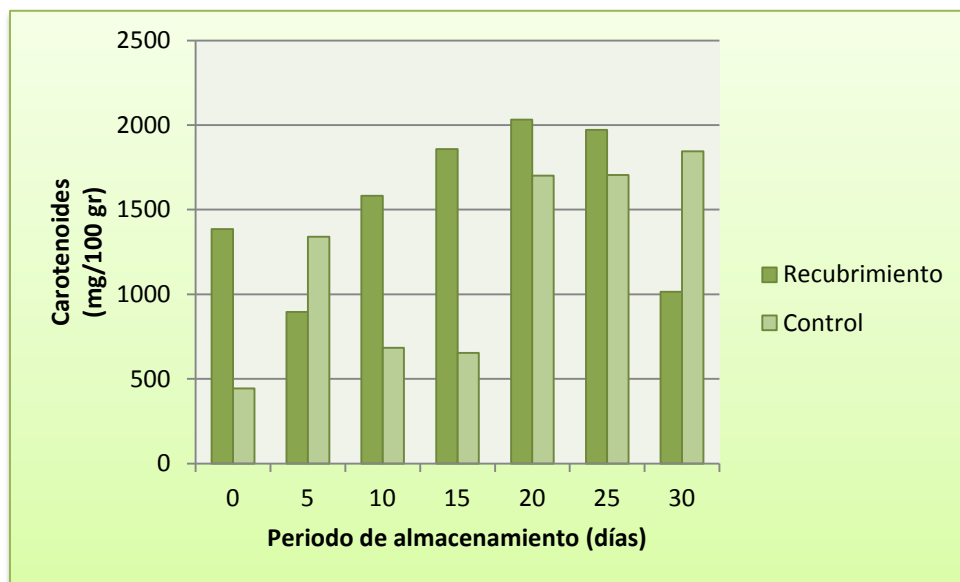


Figura 14. Contenido de carotenoides a temperatura de refrigeración

El enfriamiento del producto inmediatamente después de la cosecha y su almacenamiento refrigerado es el método más efectivo para retardar el deterioro de la mayoría de las frutas y hortalizas, ya que retrasa el envejecimiento natural, la producción de etileno y de calor resultante de la respiración, la pérdida de agua y la descomposición debida a la invasión por microorganismos (Rivera, 2008).

El contenido de carotenoides en la Figura 14, las muestras con recubrimiento comestible a temperatura de refrigeración de acuerdo al tiempo, indica que las muestras aumentaron considerablemente la sustancia, pero al finalizar el tiempo de almacenamiento estas disminuyeron. A diferencia de las muestras control se mantuvieron constantemente pero en los tiempos (20, 25, 30), estas aumentaron considerablemente. El aumento en el contenido de carotenoides observado en los frutos bajo los tratamientos almacenados en refrigeración, se debe principalmente, a los procesos de senescencia que se hacen más evidentes conforme aumenta el tiempo de almacenamiento. El análisis de varianza de la Figura 14, demostró que hay una diferencia significativa ($p < 0,05$) como resultados del (anexo 18) en las muestras control y con recubrimiento en base al tiempo.

Cabe destacar que los chiles con recubrimiento comestible a temperatura de refrigeración favorecen la sustancia de carotenoides con el paso del tiempo.

Clorofila

La clorofila, es el pigmento responsable del característico color verde de frutas y verduras, es altamente susceptible a la degradación durante el procesamiento, lo que resulta en cambios de color en los alimentos. Desde el punto de vista de la tecnología de los alimentos, el interés por clorofilas se centra en las reacciones postcosecha que degradan a estos pigmentos, incluso los que ocurren durante el procesamiento y almacenamiento.

En la Figura 15, el análisis de varianza realizado y la comparación Tukey, arrojó que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) como resultado del (anexo 19), en base al tiempo y en ambas muestras (con recubrimiento y control) en clorofila total, resaltando que las muestras con recubrimiento tuvieron mayor cantidad en comparación con las control.

En la figura 15, el análisis de varianza en cuanto a clorofila a*, demostró que hay diferencia significativa ($p < 0,05$) de acuerdo a resultados del (anexo 20). Las

muestras con recubrimiento presentaron mayor cantidad en este tipo de clorofila a comparación con muestras control.

Para clorofila b*, el análisis de varianza demostró que no existe diferencia significativa ($p > 0,05$) como resultado del (anexo 21), las muestras con recubrimiento mostraron mayor cantidad de esta clorofila en comparación con las muestras control, en base al tiempo.

El primer descenso del contenido de clorofila, puede ser producto del inicio de la maduración como lo menciona Díaz (2002) y el segundo descenso, puede ser debido a los procesos de senescencia y muerte de los tejidos, causado por la disminución de pH, debido principalmente a la salida de los ácidos orgánicos de la vacuola, actividad de las enzimas clorofilasas y reacciones de oxidación, causando cambios en coloración de verde olivo, verde brillante, pardeamiento y hasta pérdida del color (Wills *et al.*, 1998).

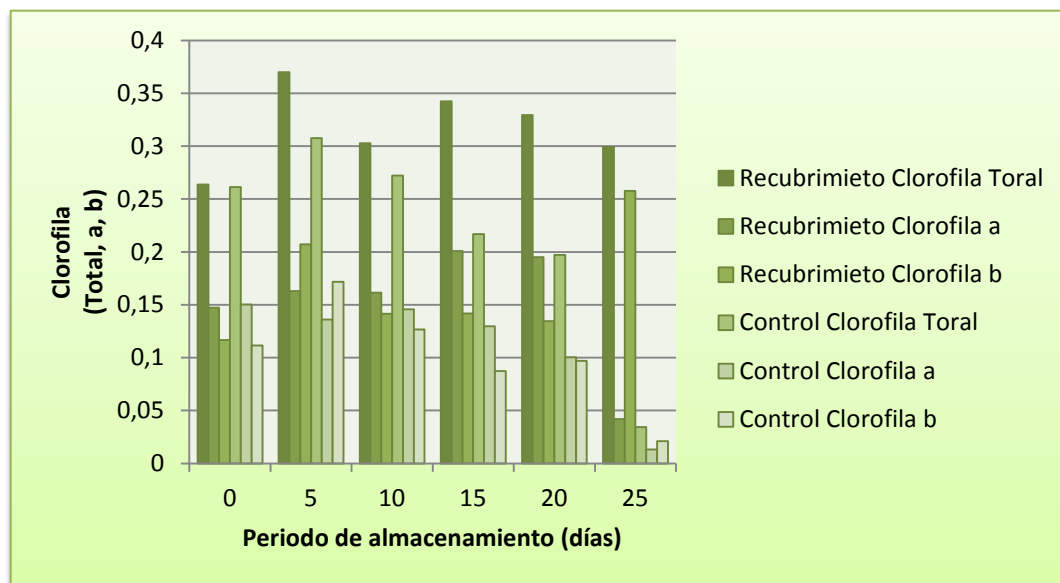


Figura 15. Clorofila total, a*y b*a temperatura ambiente.

En la Figura 16, de acuerdo a los resultados del (anexo 22) el análisis de varianza en cuanto a clorofila total, presentó que hay diferencia significativa ($p < 0,05$) en base al tiempo y muestras con recubrimiento y control a temperatura de

refrigeración. La clorofila total en ambas muestras se mantuvo constantes; en los días 0, 5, 20 y 30 las muestras con recubrimiento obtuvieron una mayor cantidad.

El análisis de varianza para clorofila a*, presentó que existe diferencia significativa ($p < 0,05$) como resultado del (anexo 23), las muestras con recubrimiento comestible presentaron alto contenido de clorofila en los días 0, 5 y 15, pero a comparación con las muestras control fueron constantes.

Para clorofila b*, de acuerdo a los resultados obtenidos (anexo 24) el análisis de varianza mostró que hay diferencia significativa ($p < 0,05$), en ambas muestras la cantidad de esta clorofila es constante, señalando que los días, 0, 5 y 30 los recubrimientos obtuvieron mayor cantidad.

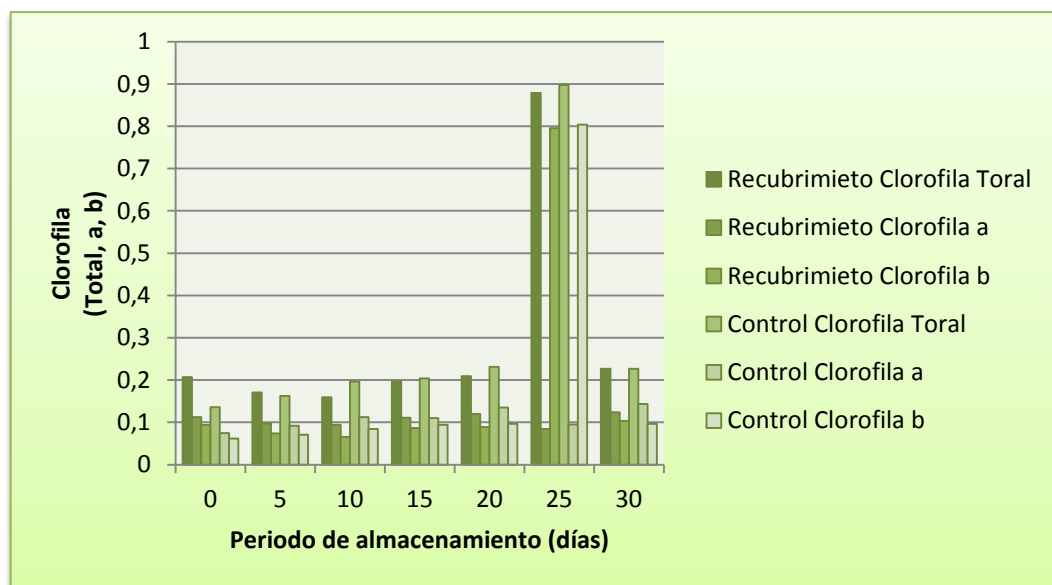


Figura 16. Clorofila total, a*y b*a temperatura de refrigeración.

Contenido de capsaicina

La planta sintetiza y acumula capsaicinoides, un grupo de alcaloides responsables del picor y ubicados principalmente en el tejido de la placenta adyacente a las semillas (De, 2003; Ben-Chaim *et al.*, 2006). Su contenido depende del genotipo, la madurez del fruto y las condiciones de cultivo (Zewdie y Bosland, 2000).

La capsaicina son los responsables de más de 90 % del picor (Betts, 1999; Manirakiza *et al.*, 2003).

El análisis de varianza como resultado del (anexo 25), en la Figura 17 mostró que hay diferencia significativa ($p < 0,05$) en base al tiempo y en ambas muestras. El contenido de capsaicina tuvo una tendencia estable, hasta los días 15 donde la muestra con recubrimiento aumentó su cantidad y posteriormente descendieron ambas.

Sus niveles disminuyen probablemente como producto de la degradación de los alcaloides por efecto de la acción de enzimas como la peroxidasa, similar a lo que ocurre en frutos de ají senescentes en los que se ha observado que existe una relación inversa entre la evolución de estos capsaicinoides y la actividad peroxidasa como probable enzima implicada en su degradación (Contreras-Padilla y Yahia, 1998).

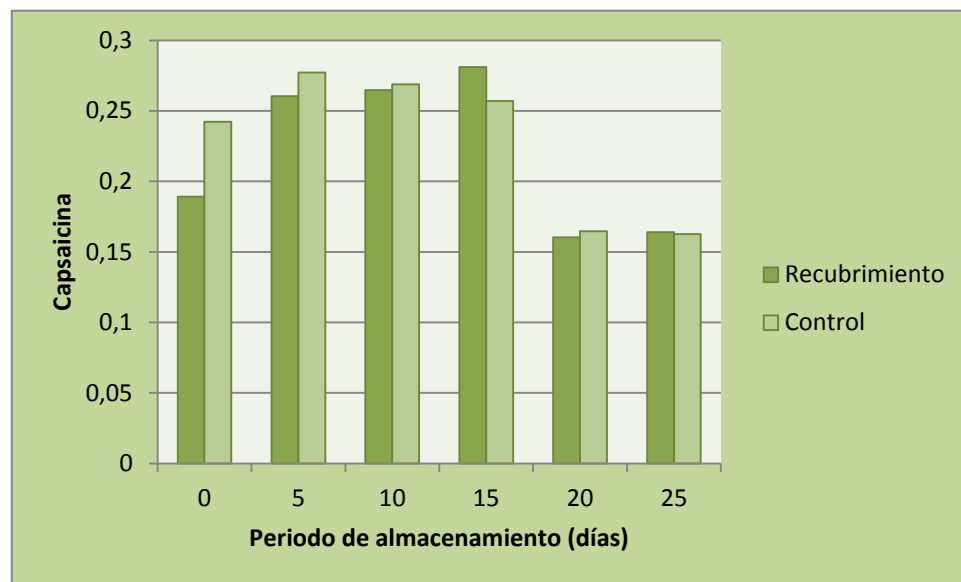


Figura 17. Contenido de capsaicina a temperatura ambiente

En la Figura 18, de acuerdo al análisis de varianza como resultados del (anexo 26) arrojó que hay diferencia significativa ($p < 0,05$) en base al tiempo y para ambas muestras con recubrimiento y control. Se pudo observar que en los días 5, 10, 15 y 20 el contenido de capsaicina aumentó en las muestras con recubrimiento.

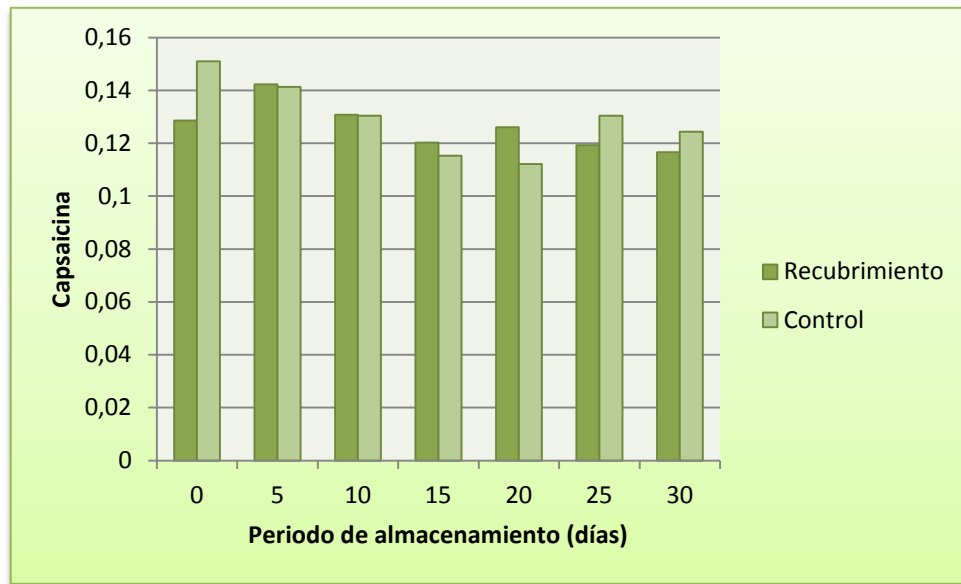


Figura 18. Contenido de capsaicina a temperatura de refrigeración.

Respiración

Los revestimientos comestibles generan una atmósfera modificada al crear una barrera semipermeable contra O_2 , CO_2 , humedad y movimiento de solutos, lo que reduce la respiración, la pérdida de agua y tasas de reacción de oxidación (Ali, *et al* 2010). Diferentes materiales han sido usados como recubrimientos comestibles y comúnmente se basan en proteínas, lípidos o polisacáridos (Valencia *et al* 2011). El gran beneficio conferido por revestimientos comestibles es que estos son biodegradables naturales productos (Sánchez *et al* 2011; Das, *et al* 2013).

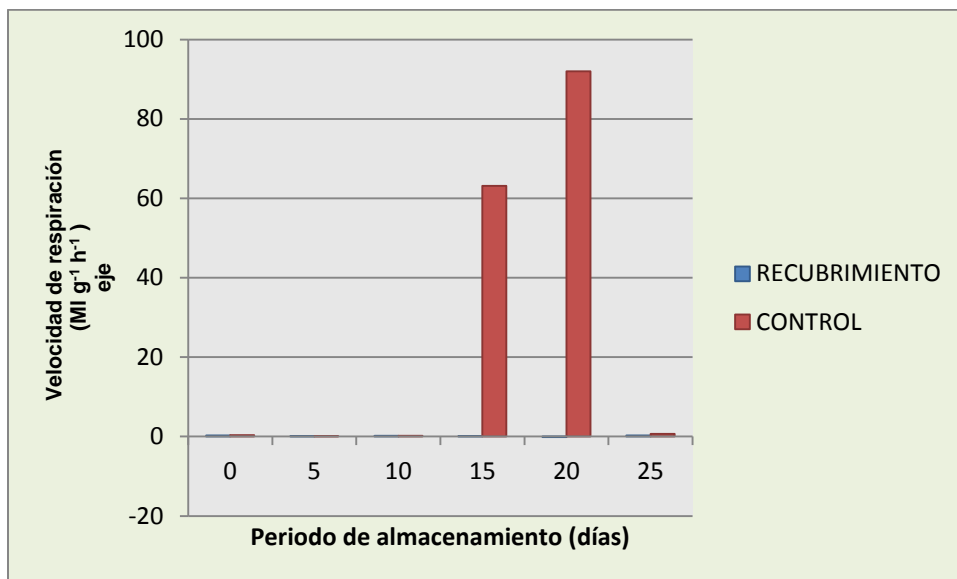


Figura 19. Velocidad de CO₂ a temperatura ambiente.

La Figura 19, muestra la producción de CO₂, durante el almacenamiento. El análisis de varianza presentó que no hay diferencia significativa ($p > 0.05$) de acuerdo a los resultados obtenidos del (anexo 27) en base al tiempo las muestras control presentaron mayor cantidad de CO₂, principalmente en los días 15 y 20. Las muestras con recubrimiento presentaron menos cantidad de CO₂.

El recubrimiento con Aloe vera redujo de forma significativa la tasa de respiración. Parece ser que la disminución en la producción de CO₂ es un efecto global observado en frutas tratadas con otros recubrimientos comestibles, tal como se ha comprobado en aguacate (Maftoonazad y Ramaswamy, 2005) e incluso en productos de cuarta gama como manzanas cortadas (Lee *et al.*, 2003). La menor tasa de respiración exhibida durante el almacenamiento se traduce en un aumento de la vida útil, ya que a medida que la tasa es más elevada se espera un deterioro más avanzado de la calidad del fruto.

La Figura 20, muestras que las cantidades de CO₂ en las muestras con recubrimiento fueron mejores. De acuerdo con el análisis de varianza se demostró que no existe diferencia significativa ($p>0,05$) como resultados del (anexo 28). La producción de altas concentraciones de CO₂ deteriora el fruto.

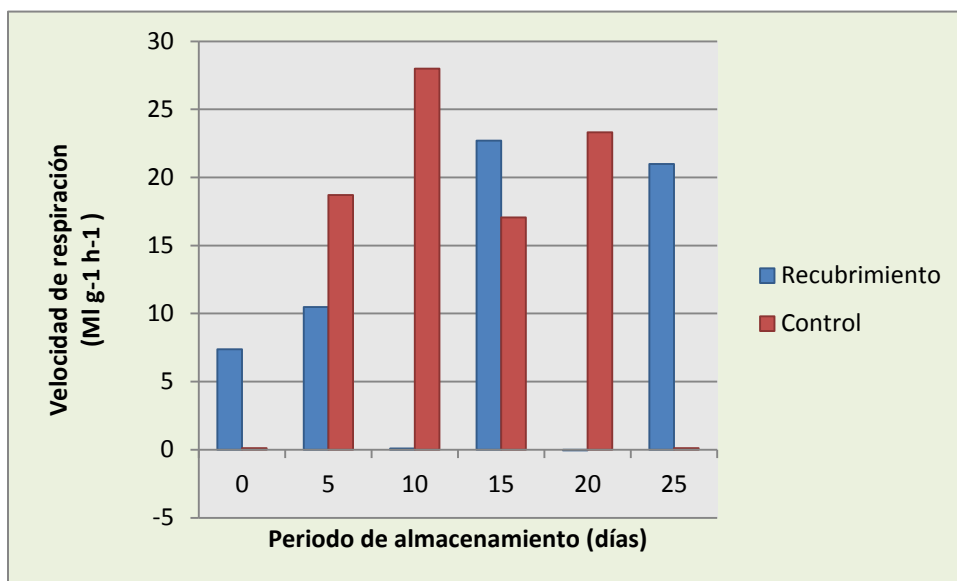


Figura 20. Velocidad de respiración a temperatura de refrigeración.

Conclusiones

Se evaluó el efecto del recubrimiento comestible funcional de carragenina, el cual ayudo a largar la vida de anaquel en los chiles jalapeños por 25 días a temperatura ambiente y 30 días en refrigeración.

Los parámetros físicos presentados obtuvieron mejores resultados en las muestras con recubrimiento a temperatura de refrigeración a 8° C en pérdida de peso. Los frutos con recubrimiento comestible obtuvieron mejores resultados en cuanto a color y firmeza en ambas temperaturas.

El análisis estadístico presentó diferencia significativo para estos tres parámetros.

Los parámetros químicos como vitamina C, acidez titulable y carotenoides presentaron mejores resultados en las muestras con recubrimiento a temperatura de refrigeración. En clorofila las muestras con recubrimiento se observó mejor a temperatura ambiente; los sólidos solubles totales presentaron mejores resultados en frutos de chile jalapeño en las muestras con recubrimiento en ambas temperaturas. Los parámetros anteriores tuvieron diferencia significativa en base al tiempo de almacenamiento.

De acuerdo a las figuras 19 y 20 del contenido de CO₂, éste presentó mejor resultado en los chiles jalapeños con recubrimiento comestible en ambas temperaturas y su análisis estadístico mostró que no existió diferencia significativa.

Bibliografía

- Ali, M. Maqbool, S. Ramachandra, and P.G. Alderson, "Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit", *Postharvest Biology and Technology* , vol. 58, no. 1, pp. 42-47, 2010.
- Almeda, L.; López-Roca, J.M.; Candela, M.E.; Alcázar, M.D. 1991. Carotenoid composition of new cultivars of red pepper for paprika. *J. Agric. Food Chem.* 39:1606-1609.
- An, J., Zhang, M., Wang, S., & Tang, J. (2008). Physical, chemical and microbiological changes in stored green asparagus spears as affected by coating of silver nanoparticles PVP. *LWT - Food Science and Technology*, 41(6), 1100–1107.
- AOAC, 1994. Association of Official Analytical Chemists, *Official Methods of Analysis*, 16th ed. AOAC.
- Arellano Álvarez Jessica Edith. Marzo 2011. Recubrimiento de Quitosano en Tuna Blanca (*Opuntia Amyclaea*) Mínimamente Procesada. Universidad Autónoma Chapingo.
- Arias, R.; Lee, T. C.; Specca, D.; Janes, H. 2000. Quality comparison of hydroponic tomatoes (*Lycopersicon escul-entum*) ripened on and off vine. *Journal of Science* 65(3):545–548.
- Baldwin, E., A., Nisperos, M.O., Hagenmaier, R.D. y Baker, R.E. (1997). Use of lipids in coatings food products. *Food Technology*. 51(6), 56-64.
- Bautista-Baños, S.; Hernández-Lauzardo, A.N.; Velázquez del Valle, M.G.; Hernández López, M.; Ait Barka, E.; Bosquez-Molina, E.; Wilson, C.L.: "Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities", *Crop Protection*, 2006.

- Ben-Chaim, A., Y. Borovsky, M. Falise, M. Mazourek, B. C. Kang, I. Paran, and M. Jahn. 2006. QTL Analysis for capsaicinoid content in *Capsicum*. *Theor Appl Genet.* 113: 1481–1490.
- Betts, T. A. 1999. Pungency quantitation of hot pepper sauces using HPLC. *Chem. Education* 76: 240–244.
- Bourne M C (1980) Texture evaluation of horticultural crops. *HortSci.*15 (1):51 -57.
- Cagri, A.; Ustunol, Z.; Ryser, E.T.: "Antimicrobial edible films and coatings", *Journal of Food Protection*, 67(4): 833-848, 2004.
- Cantwell M. 2012. Chiles: Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Postharvest Technology Center. UC Davis. University of California.
- Cantwell, M. 2006. Report to the California tomato commission tomato variety trials: Postharvest evaluation for 2005. UCCE Fresh market tomato statewide report. California, USA. pp. 3, 9–13.
- Castellano G., Quijada O., Ramírez R y Sayago E. 2005. Efecto de Tratamientos Poscosecha Sobre la Calidad de las Frutas de Guayaba (*Psidium guajava* L.). *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 48:111-114.
- Cerutti Mariano y Neumayer Fernando. Junio 2004 .Introducción a la Obtención de Aceite Esencial de limón.
- Contreras-Padilla M., Yahia E.M. (1998) Changes in capsaicinoids during development, maturation, and senescence of chile peppers and relation with peroxidase activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46:2075-2079.
- COVECA. (2010). Monografía del limón persa. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria, Pp. 5-24.
- D. K. Das, H. Dutta, and C. L. Mahanta, "Development of a rice starch-based coating with antioxidant and microbe-barrier properties and study of its effect on tomatoes stored at room

temperature,” *LWT - Food Science and Technology*, vol. 50, no. 1, pp. 272–278, 2013.

Dahall, R.K. (2013). Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 53:435- 450.

De Ancos, B., Sánchez-Moreno, C.; De Pascual-Teresa, S.; Cano, M.P. 2006. Fruit freezing principles. En: *Handbook of fruit and fruit processing*. Editado por Y. H. Hui. Blackwell Publishing, Iowa, Estados Unidos.

De León Barrios Edwin Francisco. San Salvador, Marzo 2011. *Manual de Buenas Prácticas de Manejo Poscosecha y Transporte (BPPC/T)*.

De, A. K. 2003. *Capsicum. The Genus Capsicum*. Taylor and Francis. London. 256 p

Del-Valle, V.; Hernández-Muñoz, P.; Guarda, A.; Galotto, M.J. 2005. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*, 91: 751-756.

Díaz, M. D. H. 2002. *Fisiología de árboles frutales*. AGT (Ed.). S.A. 390 p.

Djioua T., Charles, F., Freire, M., Filgueiras, H., Ducamp-Collin, M. y Sallanon, H.(2010). Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of Fresh cut mangoes (*Mangifera indica* L). *International journal of Food Science and Technology*. 45(4). 849-855.

Edan, Y.; Pasternak, H.; Shmulevich, I.; Rachmani, D.; Guedalia, D.; Grinberg, S.; Fallik, E. 1997. Color and firmness classification of fresh market tomatoes. *Journal of Food Science* 32(4): 793–796.

Falguera, V.; Quintero, P.; Jiménez, A.; Muñoz, J.A.; Ibarz, A.: "Edible films and coatings: Structures, active function and trends in their use", *Trends in Food Science & Technology*, 2011.

Fennema, O. (2000). *Química de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia.

- García, M.A.; Pinotti, A.; Martino, M.N.; Zaritzky, N.E. 2009. Characterization of starch and composite edible films and coatings. En: Edible films and coatings for food applications. Editado por M.E. Embuscado; K.C. Huber. Springer, Nueva York, Estados Unidos.
- Gelymar. 2005e. Determinación de rendimiento en carrageninas. GEL-AQ-020. Versión 01. Manual de métodos químicos.
- Giami, S. Y. and D. A. Alu. 1994. Changes in composition and certain functional properties of ripening plantain (*Musa* spp., AAB group) pulp. *Food Chem.* 50:137-140.
- Glicksman, M. 1969. Gum technology in the food industry. Ed. Academic. New York. EE.UU. 590 p.
- Gómez-Galindo, F., Herppich, W., Gekas, V., Sjöholm, I. (2004). Factor affecting quality and postharvest properties of vegetables: integration of water relations and metabolism. *Critical Review in Food Science and Nutrition* 44: 139-154.
- Gómez-Ladrón de Guevara, R.; Pardo-González, J.E. 1996. Evolution of color during the ripening of selected varieties of paprika pepper (*Capsicum annum* L.). *J. Agric. Food Chem.* 44:2049-2052.
- González-Céspedes, A.; Salas-Sanjuán, M. del C.; Urrestarazu-Gavilán, M. 2004. Producción y calidad en el cultivo de tomate cherry, pp. 703–747. In: *Tratado de Cultivos sin Suelo*. URRESTARAZU-GAVILÁN, M. (ed.). Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Greener I.K, Fennema, O. 1994. Edible films and coatings: characteristics, formation, definitions and testing methods. En: *Edible coatings and films to improve food quality*. Editado por J.M Krochta; E.A Baldwin; M. Nisperos-Carriedo. Technomic Publishing Company, Lancaster, Estados Unidos.
- Gross, J. 1982/83. Chlorophyll and carotenoid pigments in *Ribes* fruits. *Sci. Hort.* 18:131-136.

- Gross, J. 1982a. Changes of chlorophylls and carotenoids in developing strawberry fruits (*Fragaria ananassa*) cv. Tenira. *Gartenbauwiss.* 47:142-144. 89
- Gross, J. 1982b. Pigment changes in the pericarp of the Chinese gooseberry or kiwi fruit (*Actinidia chinensis* cv. Bruno) during ripening. *Gartenbauwiss.* 47:162-167.
- Gross, J. 1985. Carotenoid pigments in the developing cherry (*Prunus avium* cv. 'Donissen's Gelbe'). *Gartenbauwiss.* 50:88-90.
- Guilbert, S. y Biquet, B. 1986. Technology and application of edible protective films. En "Food packaging and preservation". Editado por Mathlouthi, M. Ed. Elsevier. Londres.
- Guzmán, G. 2003. Efecto del tipo de plastificante en películas de quitosano. Tesis de licenciatura. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos. Universidad de las Américas Puebla. Cholula, Puebla, México.
- Han, C.; Zhao, Y.; Leonard, S.W.; Traber, M.G. 2004. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*, 33: 67-78.
- Hershko, V.; Nussinovitch, A. 1998. Relationship between hydrocolloid coating and mushroom structure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(8): 2988-2997.
- IMR International 1999. Carrageenan Profile. *Hydrocolloid Review*. 2:15-62.
- INFO RURAL. 2012 a. Chile, Producción Nacional. Info Rural Noticias Agrarias.
- Infoagro. 2013. Poscosecha y servicios de apoyo a la comercialización. Cursos de Gestión de Agronegocios en Empresas Asociativas Rurales en América Latina. Modulo 4. 71

- Kader, A. A. (1986). Biochemical and Physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology* 40, 99-100, 102- 104.
- Krochta, J.M. y De Mulder-Johnston C. 1997. Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and Opportunities. *Food Technol.* 51(2): 61-74.
- L. Sánchez-González, C. Pastor, M. Vargas, A. Chiralt, C. Gonzalez-Martinez, and C. Chafer, "Effect of hydroxypropylmethyl cellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold stored grapes," *Postharvest Biology and Technology*, vol. 60, pp. 57–63, 2011.
- Lee, J. Y., Park, H.J., Lee, C.Y. y Choi, W.Y. (2003). Extending shelf life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 36(3), 323-329.
- Lee, J.Y., Park, H.J., Lee, C.Y., Choi, W.Y. (2003). Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 36: 323-329.
- López López Henry. Abril 2013. Comportamiento de Frutos de Chile (*Capsicum annuum*) tipo Jalapeño a la Desinfección con Diferentes Sanitizantes en Poscosecha. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- López Martínez L.; López de Alba P. L.; González Leal M. 1999. Nuevo Método Espectrofotométrico de Determinación de Capsaicinoides en Salsas y Chules. Novena Jornada de Análisis del CONACYT.
- MacDougall, D. B. (2001). Instrumentation and sensors for food industry. Chapter 3: Principles of colour measurement for food. © 2001, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.

- Maftoonazad, N., Ramaswamy, H.S. (2005). Postharvest shelf-life extension of avocados using methyl cellulose-base coatings. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology* 38: 617-624.
- Manirakiza, P., A. Covaci, and P. Schepens. 2003. Pungency principles in Capsicum – analytical determinations and toxicology. In: De, A. K. (ed) *Capsicum. The Genus Capsicum*. Taylor and Francis. London. P p: 71–86.
- Mannheim C H, Soffer T (1996) Permeability of different wax coating and their effect on citrus fruit quality. *J. Agric. Food Chem.* 44:919-923.
- Mastromatteo, M., Mastromatteo, M., Conte, A., & Del Nobile, M. A. (2011). Combined effect of active coating and MAP to prolong the shelf life of minimally processed kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward). *Food Research International*, 44(5), 1224–1230.
- Mazumdar, BC, Majumder, K., 2003. *Métodos de análisis físico-químico de Frutas*. Daya Publishing House, Delhi, India, pp. 93-13
- Mei, J., Yuan, Y., Guo, Q., Wu, Y., Li, Y., & Yu, H. (2013). Characterization and antimicrobial properties of water chestnut starch-chitosan edible films. *International journal of biological macromolecules*, 61C, 169–174.
- Mellado, J. (2012). *Diseños Experimentales. Diseño Completamente al Azar*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Minguez-Mosquera M.I., Hornero-Mendez, D. 1994. Comparative study of the effects of paprika processing on the carotenoids in pepper *Capsicum annum* of the bola and agridulce. *J. Agric Food Chem.* 42:1555-1560.
- Minguez-Mosquera, M. I. and J. Garrido-Fernández. 1989. Chlorophyll and carotenoid presence in olive fruit. *J. Agric. Food Chem.* 37:1-7.
- N. Maftoonazad, H. S. Ramaswamy, and M. Marcotte, “Shelflife extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings,” *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 43, no. 6, pp. 951–957, 2008.

- Olivas, G. I., J. E. Dávila-Aviña, N. A. Salas-Salazar y F. J. Molina (2008), "Use of Edible Coatings to Preserve the Quality of Fruits and Vegetables During Storage", *Stewart Postharvest Review*, 3: 6.
- Pérez-Gago, M.B.; Serra, M.; Alonso, M.; Mateos, M.; del Río, M.A. 2005. Effect of whey protein- and hydroxypropyl methylcellulose-based edible composite coatings on color change of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*, 36: 77–85.
- Pérez-Gago, M.B.; Serra, M.; Alonso, M.; Mateos, M.; del Río, M.A. 2003. Effect of solid content and lipid content of whey protein isolate-beeswax edible coatings on color change of fresh-cut apples. *Journal of Food Science*, 68(7): 2186- 2191.
- Pérez-Gago, M.B.; Serra, M.; del Río, M.A. 2006. Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 39: 84-92.
- Philip, T.; Navar, W.W.; Francis, F.J. 1971. The nature of fatty acids and capsanthin esters paprika. *J. Food Sci.* 36:98-102.
- Pitalúa, C. (2005). Desarrollo de un ate de guayaba natural y determinación de sus propiedades físicas. Tesis profesional. México.: Universidad Veracruzana.
- Pushkala, R., Raghuram, P.K., Srividya, N. 2013. Chitosan based powder coating technique to enhance phytochemicals and shelf life quality of radish shreds. *Postharvest Biology and Technology*, 86, 402-408.
- Ranganna, S., 1999. *Handbook of Analysis and Quality for Fruit and Vegetable Products*, second ed. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, pp. 1–29, 163–164, 578–582.
- Ringuelet Jorge y Viña Sonia. 2013. *Productos Naturales Vegetales*. Universidad Nacional de La Plata.

Rivera, J.M. 2008. Deterioro poscosecha de las frutas y hortalizas frescas por hongos y bacterias. Fundación Hondureña de investigación agrícola. Hoja técnica nº 1, Segunda edición.

Rojas Graü Maria A. "Recubrimiento y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: Una nueva estrategia de conservación." Tesis de doctorado. 58 Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad de Lleida. España 2006.

Rojas-Graü, M. A., R. Soliva-Fortuny y M. Martín-Belloso (2009), "Edible Coatings to Incorporate Active Ingredients to Fresh-Cut Fruits: A Review", Trends in Food Science y Technology, 20: 438-447

Rosas Cuautle Armando. Abril 2014. Un Índice de Selección Básico para la Identificación de Híbridos Superiores de Chile Jalapeño en el Noroeste de México Basados en Componentes de Rendimiento y Calidad. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

S. A. Valencia-Chamorro, M. B. Pérez-Gago, M. A. Del Río, and L. Palou, "Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose lipid edible composite coatings on penicillium decay development and postharvest quality of cold stored "ortanique" mandarins", Journal of Food Science, vol. 75, no. 8, pp. S418-S426, 2010.

Sánchez-González, L.; Pastor, C.; Vargas, M.; Chiralt, A.; González-Martínez, C.: "Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes." Postharvest Biology and Technology, 60(1): 57-63, 2011.

SIAP. (2010). Un panorama del cultivo del chile. SIAP. México. 20 pp

SIAP. (2010). Un panorama del cultivo del chile. SIAP. México. 20 pp. SIAP. (2014).

- Srinivasa, P. C. y Tharanathan, R. N. 2007. Chitin/Chitosan-Safe, ecofriendly packaging materials with multiple potential uses. *Food Reviews International* 23:53-72.
- USAID. 2006. Boletín Técnico de Poscosecha: Manejo Poscosecha de Chile Jalapeño. Programa de Diversificación Económica Rural. http://www.fintrac.com/cpanelx_pu/USAID%20RED/USAID_RED_Poscosecha_Jalapeno_10_06.pdf. Consultado 20 Febrero 2013.
- Ustunol, Z. 2009. Edible films and coatings for meat and poultry. En: *Edible films and coatings for food applications*. Editado por M.E. Embuscado; K.C. Huber. Springer, Nueva York, Estados Unidos.
- Valencia-Chamorro, S.A., Palou, L., Del Río, M.A. y 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.
- Vargas, M.; Albors, A.; Chiralt, A.; González-Martínez, C.; 2006. Quality of coldstored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 41: 164–171.
- Whistler, R. y Bemiller, J. 1993. *Industrials Gums: Polysacharides and their derivates*. 3ª edition. Academic Press. San Diego. EE.UU.
- Wills, R.; McGlasson, B.; Graham, D. and Joyce, D. 1998. *Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. University of New South Wales. Press-Cab International. Sidney, Australia. 262 p.
- Zewdie, Y., and P. W. Bosland. 2000. Evaluation of genotype, environment, and genotype–by–environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annum* L. *Euphytica* 111:185–190.
- Žnidarčič, D.; Požrl, T. 2006. Comparative study of quality changes in tomato cv. 'Malike' (*Lycopersicon esculentum* Mill.) whilst stored at different temperaturas. *Acta agriculturae Slovenica* 87(2): 235–243.

Anexos

Anexo 1. Estadístico pérdida de peso a temperatura ambiente

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	7	1984,31833	283,474048	70,9720128	7,43E-11
Error	16	63,9066667	3,99416667		
C. Total	23	2048,225	.	.	

Tukey test						
Level	Least Square Means					
E	A					28,5
A	A					26,6
F		B				18,1333333
B		B	C			13,8
H			C	D		11,1666667
C				D	E	6,13333333
I					E	5,1
D					E	2,76666667

Anexo 2. Estadístico pérdida de peso a temperatura de refrigeración

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	7	369,485	52,7835714	11,8426261	0,00002829
Error	16	71,3133333	4,45708333		
C. Total	23	440,798333	.	.	

Tukey test				
Level	Least Square Means			
A	A			34,6333333
E	A	B		30,8666667
B	A	B		30,5
F		B	C	28,1
C		B	C	27,1666667

H		B	C	25,6
D			C	23,0333333
I			C	22,1666667

Anexo 3. Estadístico color L a temperatura ambiente

L					
ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	11	330,117043	30,0106403	3,76703955	0,00319084
Error	24	191,199311	7,96663796		
C. Total	35	521,316354	.	.	

Tukey test				
Level	Least Square Means			
A	A			40,1322222
H	A	B		39,8933333
B	A	B		39,7622222
I	A	B	C	37,5422222
L	A	B	C	36,4588889
M	A	B	C	36,4355556
F	A	B	C	35,99
E	A	B	C	35,4266667
K	A	B	C	34,4477778
J	A	B	C	33,6877778
D		B	C	31,6344444
C			C	30,1911111

Anexo 4. Estadístico color coordenada a* temperatura ambiente

A					
ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	11	3923,02618	356,638744	5,5249751	0,00023306
Error	24	1549,20696	64,5502898		
C. Total	35	5472,23314	.	.	

Tukey test			
Level	Least Square Means		
M	A		27,7844444
L	A	B	14,27
F	A	B	9,71777778
K	A	B	5,77
H		B	-2,57333333
A		B	-3,8288889
I		B	-4,2855556
B		B	-4,5844444
E		B	-5,4211111
J		B	-5,8277778
C		B	-6,9211111
D		B	-7,4511111

Anexo 5. Estadístico color coordenada b* temperatura ambiente

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	11	1054,78838	95,8898524	5,4941596	0,000243
Error	24	418,873244	17,4530519		
C. Total	35	1473,66162	.	.	

Tukey test				
Level	Least Square Means			
M	A			21,0633333
L	A	B		15,3166667
F	A	B	C	15,0333333
K	A	B	C	13,3788889
D		B	C	7,84
C		B	C	7,7366667
E		B	C	7,7311111
J		B	C	6,1011111
B		B	C	4,8555556
A		B	C	4,5033333
I		B	C	4,3244444
H			C	2,7577778

Anexo 6. Estadístico color L temperatura de refrigeración

L					
ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	13	787,769774	60,5976749	6,60574908	0,00001524
Error	28	256,857304	9,17347513		
C. Total	41	1044,62708	.	.	

Tukey test						
Level	Least Square Means					
G	A					42,6666667
C	A					41,4755556
E	A	B				40,0555556
D	A	B	C			39,1777778
B	A	B	C			38,5688889
A	A	B	C	D		37,8466667
H	A	B	C	D	E	36,0866667
J	A	B	C	D	E	35,6577778
L	A	B	C	D	E	35,5933333
F	A	B	C	D	E	34,4033333
N		B	C	D	E	31,6122222
I			C	D	E	30,9955556
K				D	E	29,0266667
M					E	28,5011111

Anexo 7. Estadístico color coordenada a* temperatura de refrigeración

A					
ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	13	155,642516	11,9725012	3,8142202	0,00145243
Error	28	87,8895333	3,1389119		
C. Total	41	243,532049	.	.	

Tukey test			
Level	Least Square Means		
C	A		-3,9233333
G	A		-4,3444444
J	A	B	-5,3144444
A	A	B	-5,6744444
M	A	B	-6,4655556
D	A	B	-3,9233333
F	A	B	-7,14
E	A	B	-7,2633333
L	A	B	-7,47
N	A	B	-7,72
H	A	B	-8,4877778
B	A	B	-8,8611111
I		B	-10,461111
K		B	-10,491111

Anexo 8. Estadístico color coordenada b* temperatura de refrigeración

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	13	271,83509	20,9103916	2,60184029	0,01655626
Error	28	225,029556	8,03676984		
C. Total	41	496,864646	.	.	

Tukey test			
Level	Least Square Means		
K	A		13,3233333
I	A	B	11,9066667
B	A	B	11,06
H	A	B	10,2055556
E	A	B	8,9955555
F	A	B	8,5155556
N	A	B	8,4811111
L	A	B	7,98
D	A	B	7,4077778
M	A	B	6,5633333
A	A	B	6,3155556

G	A	B	5,59111111
J	A	B	5,48777778
C		B	4,12111111

Anexo 9. Estadístico firmeza temperatura ambiente

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	11	6168,98395	560,816723	26,6470682	8,71E-11
Error	24	505,106274	21,0460948		
C. Total	35	6674,09022	.	.	

Tukey test				
Level	Least Square Means			
M	A			56,8722222
F	A			46,9
C		B		32,3333333
B		B	C	23,5
D		B	C	22,75
J		B	C	21,9333333
L		B	C	21,2333333
K		B	C	19,7333333
I			C	18,05
E			C	14,6
H			C	14,55
A			C	11,4333333

Anexo 10. Estadístico firmeza temperatura de refrigeración

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	14	3367,20598	240,514713	20,1861124	9,75E-11
Error	27	321,701233	11,9148605		
C. Total	41	3688,90721	.	.	

Tukey test			
Level	Least Square Means		
E	A		24,53333333
L	A		21,98333333
F	A		20,71666667
K	A		20,56666667
N	A		19,6
M	A		18,63333333
G	A		15,81666667
D	A		15,78333333
C		B	2,96
I		B	2,47666667
B		B	2,09666667
J		B	1,973333333
H		B	1,79666667
A		B	1,48

Anexo 11. Estadístico vitamina C temperatura ambiente

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	11	31339,8132	2849,07393	996,753739	3,99E-29
Error	24	68,6004692	2,85835288		
C. Total	35	31408,4136			

Tukey test							
Level	Least Square Means						
K	A						92,3472
J		B					57,2968
C		B	C				55,1466667
D			C				51,3128
I				D			41,2309333
B					E		25,2281333
M					F		6,4416
E					F	G	2,5872
H						G	1,32
A						G	1,27893333
L						G	1,1264
F						G	1,056

Anexo 12. Estadístico vitamina C temperatura de refrigeración

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	13	2193,49124	168,730096	232,406911	6,23E-25
Error	28	20,3283227	0,72601152		
C. Total	41	2213,81956			

Tukey test								
Level	Least Square Means							
E	A							22,4253333
A		B						17,8024
L		B						17,5853333
I		B						17,2216
K		B	C					15,6288
B			C	D				13,0929333
D				D				12,5356
C					E			9,51866667
N					E			7,8144
J						F		3,06533333
H						F	G	2,49333333
M						F	G	1,7908
F						F	G	0,6336
G							G	0,29333333

Anexo 13. Estadístico acidez titulable temperatura ambiente

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	11	0,03611193	0,0032829	93,0762463	6,47E-17
Error	24	0,00084651	0,00003527		
C. Total	35	0,03695844			

Tukey test								
Level	Least Square Means							
M	A							0,1088
F	A							0,096
L		B						0,0512
E		B	C					0,04693333
K		B	C					0,0448

J			C	D		0,02986667
C				D		0,0256
D				D	E	0,02133333
H				D	E	0,0192
A				D	E	0,01493333
B					E	0,0064
I					E	0,0064

Anexo 14. Estadístico acidez titulable temperatura de refrigeración

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	13	0,00635465	0,00048882	15,1888112	2,27E-09
Error	28	0,00090112	0,00003218		
C. Total	41	0,00725577			

Tukey test					
Level	Least Square Means				
E	A	B			0,04693333
K	A	B			0,04693333
L		B			0,04266667
M		B			0,04266667
C		B			0,04053333
F		B			0,04053333
I		B			0,04053333
B		B	C		0,0384
D		B	C		0,03626667
J		B	C		0,03626667
A			C		0,02346667
H			C		0,02346667
G				D	0,0064

Anexo 15. Estadístico sólidos solubles totales temperatura ambiente

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	11	52,9363889	4,81239899	168,200353	6,29E-20
Error	24	0,68666667	0,02861111		
C. Total	35	53,6230556			

Tukey test						
Level	Least Square Means					
M	A					4,3
F		B				2,96666667
J			C			1,8
C			C			1,66666667
K			C			1,63333333
D			C	D		1,36666667
L				D		0,9
B					E	0,4
A					E	0,3
I					E	0,23333333
E					E	0,23333333
H					E	0,23333333

Anexo 16. Estadístico sólidos solubles totales temperatura de refrigeración

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	13	11,0990476	0,85377289	32,8976711	1,70E-13
Error	28	0,72666667	0,02595238		
C. Total	41	11,8257143			

Tukey test							
Level	Least Square Means						
G	A					2,76666667	
N		B				1,7	
M		B	C			1,6	
F		B	C	D		1,56666667	
K		B	C	D		1,56666667	
H		B	C	D	E	1,33333333	
J		B	C	D	E	1,26666667	
C			C	D	E	1,2	
E			C	D	E	1,16666667	
L			C	D	E	1,13333333	
A				D	E	1,1	
D					E	F	0,86666667
I					E	F	0,86666667
B						F	0,46666667

Anexo 17. Estadístico carotenoides temperatura ambiente

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	11	1584465	144042,273	57,9360789	1,53E-14
Error	24	59669,46	2486,2275		
C. Total	35	1644134,46	.	.	

Tukey test										
Level	Least Square Means									
I	A									682,3033
E	A	B								578,292867
B		B								465,102773
F			C							301,103133
K			C							237,245776
C			C	D						214,706333
D			C	D	E					194,16138
J			C	D	E	F				158,29128
H				D	E	F				80,64987
A					E	F				61,67343
M						F				20,0564
L						F				16,1994

Anexo 18. Estadístico carotenoides temperatura de refrigeración

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	13	11185810,1	860446,927	3238,61941	7,04E-41
Error	28	7439,13097	265,683249		
C. Total	41	11193249,2	.	.	

Tukey test										
Level	Least Square Means									
E	A									2032,48472
F		B								1972,00696
D			C							1858,22546
N			C							1844,28883
M				D						1704,794
L				D						1701,90125

C					E						1581,44714
A						F					1385,4344
I						F					1340,50035
G							G				1015,1624
B								H			894,78543
J									I		683,15184
K									I		653,131523
H										J	443,24644

Anexo 19. Estadístico clorofila total temperatura ambiente

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	11	0,25725164	0,02338651	2,4379633	0,03294307
Error	24	0,23022344	0,00959264		
C. Total	35	0,48747508			

Tukey test			
Level	Least Square Means		
B	A		0,3698592
D	A		0,34224747
E	A		0,32936853
I	A	B	0,30749973
C	A	B	0,30279147
F	A	B	0,2992448
J	A	B	0,27223787
A	A	B	0,26358933
H	A	B	0,26132693
K	A	B	0,21676693
L	A	B	0,19713067
M		B	0,0342208

Anexo 20. Estadístico clorofila a* temperatura ambiente

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	11	0,10355951	0,0094145	407,014229	1,76E-24
Error	24	0,00055514	0,00002313		
C. Total	35	0,10411465			

Tukey test								
Level	Least Square Means							
D	A							0,20071068
E	A							0,19501396
B		B						0,16304732
C		B						0,16149832
H		B	C					0,15014736
A			C					0,14717012
J			C					0,1456758
I			C	D				0,13611108
K				D				0,1296378
L					E			0,10031524
F						F		0,04197052
M							G	0,01319068

Anexo 21. Estadístico clorofila b* temperatura ambiente

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	11	0,11802133	0,01072921	1,02018427	0,45915229
Error	24	0,25240644	0,01051694		
C. Total	35	0,37042777			

Tukey test		
Level	Least Square Means	
F	A	0,25763093
B	A	0,20714707
I	A	0,1716668
D	A	0,1417996
C	A	0,14154093
E	A	0,13460573
J	A	0,1267844
A	A	0,11662867
H	A	0,1113832
L	A	0,09698133
K	A	0,0872932
M	A	0,02106293

Anexo 22. Estadístico clorofila total temperatura de refrigeración

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	13	2,50884228	0,19298787	8367,79321	1,20E-46
Error	28	0,00064577	0,00002306		
C. Total	41	2,50948805			

Tukey test							
Level	Least Square Means						
M	A						0,8974304
F		B					0,87838507
L			C				0,23083413
N			C				0,22628693
G			C				0,22621973
E				D			0,2089408
A				D			0,20663147
K				D			0,20374187
D				D			0,19685867
J				D			0,19620587
B					E		0,17076267
I					E		0,1626144
C					E		0,15946347
H						F	0,13610773

Anexo 23. Estadístico clorofila a* temperatura de refrigeración

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	13	0,01445305	0,00111177	278,478721	5,10E-26
Error	28	0,00011178	0,00000399		
C. Total	41	0,01456484			

Tukey test							
Level	Least Square Means						
N	A						0,14356052
L		B					0,1347324
G			C				0,1234554
E			C				0,12001404

A				D				0,11259736
J				D				0,1122588
D				D				0,11058712
K				D				0,1098584
B					E			0,09743104
M					E			0,09514772
C					E			0,09426028
I					E			0,09219948
F						F		0,08440136
H							G	0,07427472

Anexo 24. Estadístico clorofila b* temperatura de refrigeración

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	13	2,64066004	0,2031277	20846,4598	3,40E-52
Error	28	0,00027283	0,00000974		
C. Total	41	2,64093287	.	.	

Tukey test								
Level	Least Square Means							
M	A							0,80338147
F	A							0,79506747
G		B						0,1029468
L		B	C					0,0962796
A		B	C	D				0,09420093
K		B	C	D				0,09404907
E			C	D	E			0,0890896
D				D	E			0,08642733
J					E			0,0841004
N					E			0,08288987
B						F		0,07346533
I						F	G	0,0705428
C						F	G	0,06532493
H							G	0,0619428

Anexo 25. Estadístico contenido de capsaicina temperatura ambiente

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	11	0,08593045	0,00781186	15,2003087	3,00E-08
Error	24	0,01233426	0,00051393		
C. Total	35	0,09826472	.	.	

Tukey test					
Level	Least Square Means				
D	A				0,28107692
I	A				0,27723077
J	A				0,26871795
C	A				0,26461538
B	A				0,26041026
K	A				0,25692308
H	A	B			0,24225641
A		B	C		0,1891282
L			C		0,16471795
F			C		0,164
M			C		0,16251282
E			C		0,16035897

Anexo 26. Estadístico contenido de capsaicina temperatura de refrigeración

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	13	0,00487439	0,00037495	6,5300582	0,00001697
Error	28	0,00160775	0,00005742		
C. Total	41	0,00648214	.	.	

Tukey test					
Level	Least Square Means				
H	A				0,15097436
B	A	B			0,14225641
I	A	B	C		0,14133333
C	A	B	C	D	0,13071795
J	A	B	C	D	0,13041026
M	A	B	C	D	0,13035897
A	A	B	C	D	0,12861538

E		B	C	D	0,12605128
N		B	C	D	0,12441026
D		B	C	D	0,12025641
F			C	D	0,11923077
G				D	0,11661538
K				D	0,11528205
L				D	0,11210256

Anexo 27. Estadístico respiración temperatura ambiente

ANOVA						
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F	
Model	12	24825,0252	2068,7521	1,08888057	0,44734161	
Error	11	20898,7778	1899,88889			
C. Total	23	45723,803	.	.		

Tukey test		
Level	Least Square Means	
L	A	92
K	A	63,1625
M	A	0,695
H	A	0,33
F	A	0,305
A	A	0,25
J	A	0,175
C	A	0,16
I	A	0,051
B	A	0,047
D	A	0,045
E	A	-0,16

Anexo 28. Estadístico respiración temperatura de refrigeración

ANOVA					
Source	DF	Sum square	Mean square	F ratio	Prob > F
Model	12	2636,69473	219,724561	0,48467102	0,88547148
Error	11	4986,82623	453,347839		
C. Total	23	7623,52096	.	.	

Tukey test		
Level		Least Square Means
J	A	28,0005
L	A	23,3045
D	A	22,705
F	A	20,98
I	A	18,7
K	A	17,055
B	A	10,475
A	A	7,38
H	A	0,1055
M	A	0,105
C	A	0,087
E	A	-0,053