



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

“CARACTERIZACION MECANICA Y FISICOQUIMICA
DE UNA PELICULA BIODEGRADABLE A BASE DE
GRENETINA Y SU APLICACION COMO CUBIERTA
PARA PROLONGAR VIDA DE ALMACENAMIENTO
EN ZARZAMORAS.”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS
P R E S E N T A :
ELIZABETH SUSANA NEGRETE ESCOBAR

ASESORES:
DR. JUAN MANUEL ACEVES HERNANDEZ
I.B.Q. NORMA B. CASAS ALENCASER



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis :

Caracterización mecánica y fisicoquímica de una película biodegradable a base de grenetina y su aplicación como cubierta para prolongar vida de almacenamiento en zarzamoras

que presenta la pasante: Elizabeth Susana Negrete Escobar
con número de cuenta: 09853840-9 para obtener el título de :
Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 21 de Octubre de 2008.

PRESIDENTE	Dr. Juan Manuel Aceves Hernández	
VOCAL	Dra. María Eugenia Ramírez Ortiz	
SECRETARIO	IA. Patricia Muñoz Aguilar	
PRIMER SUPLENTE	IA. Sandra Margarita Rueda Enríquez	
SEGUNDO SUPLENTE	IA. Miriam Edith Fuentes Romero	

AGRADECIMIENTO

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, que me abrió sus puertas dándome la oportunidad de crecer como persona y profesional.

A mis **Profesores** que me apoyaron en mi formación profesional.

A mis asesores: **Norma Casas Alencaster y Juan Manual Aceves** por su infinito apoyo y asesoría ayudándome a culminar una más de mis metas.

A quienes me apoyaron incondicionalmente para la elaboración experimental:

Le agradezco a la **Dra. María Elena Vargas Ugalde** del **Departamento de Ingeniería y Tecnología** por permitirme el uso del Colorímetro Minolta CR-300. Al **Sr. Arturo Medina Martínez** por la infinita disposición por prestar el equipo.

A **Cony Gómez, Joel Martínez** (Laboratorio de Orgánica) de la FES-Cuautitlán quienes me proporcionaron material para la experimentación incondicionalmente.

Y todos los que de alguna manera colaboraron en la realización de este trabajo.

Donde haya un árbol que plantar, plántalo tú.

Donde haya un error que enmendar, enmiéndalo tú.

Donde haya un esfuerzo que todos esquivan, hazlo tú.

Sé tú el que aparta la piedra del camino

Gabriela Mistral.

DEDICATORIAS

A Dios: Por darme la dicha de existir.

A mis padres, porque me han enseñado a ser quien soy. Se que con nada puedo pagar sus desvelos, preocupaciones, consejos, pero este es una meta más en mi vida que sin ustedes jamás lo hubiera logrado.

A mi mamá, porque llenas mi vida de alegría, esperanza y lucha.

A mi papá, por tu gran esfuerzo y apoyo. Por que iluminas mi vida.

A mis hermanos, a mi cuñada, a mis sobrinas, a mi abuela y a toda mi familia, que sin duda han sido una parte esencial en el transcurso de mi vida, porque el amor crece y se engrandece con sonrisas, alegrías y esperanzas.

A mi abue Susana[†], A mi abuelo Carlos[†] y A mi tío Miguel[†], porque cuando un ser querido deja una gran huella también deja un gran recuerdo.

A mis compañeros de la FES, por que me enseñaron grandes cosas. “Donde una puerta se cierra, otra se abre”

Miguel de Cervantes Saavedra.

A mis grandes amigos, por su gran lealtad.

“Por muy larga que sea la tormenta, el sol siempre vuelve a brillar entre las nubes”

Khalil Gibran.

A ti Chris Rubio que has dejado en mi vida una gran huella y porque fuiste la parte principal para poder terminar una meta más en mi vida. “Si sientes que todo perdió su sentido, siempre habrá un “*te quiero*”, siempre habrá un amigo”

Ralph Waldo Emerson.

Todo cambio atemoriza, aun aquellos que soñamos con realizar. No hay garantías, sólo la ilusión de alcanzar lo que deseamos.

Todo paso es un salto al vacío, pero también a la posibilidad de realización.



Henrietta Brown

INDICE

	Página
Resumen	1
Introducción	2
CAPITULO 1. ANTECEDENTES	
1. Empleo de películas biodegradables en la conservación en fresco de frutas.	4
1.1. Refrigeración.	5
1.2. Congelación.	6
1.3. Atmósferas controladas (CA).	6
1.4. Atmósferas modificadas.	7
1.4.1. Recubrimientos comestibles.	7
1.4.1.1. Propiedades de barrera.	8
1.4.1.2. Propiedades mecánicas.	9
1.4.2. Principales componentes de los recubrimientos comestibles.	9
1.4.3. Aditivos empleados en la elaboración de recubrimientos comestibles.	10
1.4.3.1. Plastificantes.	10
1.4.3.2. Antioxidantes.	10
1.4.3.3. Agentes reafirmantes.	10
1.4.3.4. Antimicrobianos.	11
1.5. Bases de las películas.	11
1.5.1. Recubrimientos comestibles basados en polisacáridos.	11
1.5.1.1. Celulosa y sus derivados.	12
1.5.1.2. Quitosan.	12
1.5.1.3. Pectinas.	14
1.5.1.4. Alginato.	14
1.5.1.5. Gelana.	15
1.5.1.6. Almidón.	15
1.5.1.7. Mucílagos.	16

	Página
1.5.2. Recubrimientos comestibles basados en proteínas.	16
1.5.2.1. Caseína.	17
1.5.2.2. Proteínas de suero.	17
1.5.2.3. Zeína.	17
1.5.2.4. El colágeno.	18
1.5.2.5. La grenetina.	19
1.5.2.5.1. Tipos de grenetina comerciales.	21
1.5.2.5.2. El mercado mundial de la grenetina.	22
1.5.2.5.3. Producción de grenetina en países Europeos en el 2006.	22
1.5.2.5.4. Gelificación de la grenetina.	23
1.5.3. Recubrimientos comestibles basados en lípidos.	25
1.5.4. Recubrimientos comestibles de películas mixtas.	26
2. Desarrollo fisiológico de frutas.	28
3. Fisiología de los productos frescos después de la cosecha.	29
4. La respiración.	29
4.1. Influencia de la disponibilidad de aire en la respiración.	32
4.2. Transpiración o pérdida de agua.	32
4.3. Efecto de la humedad del aire en la pérdida de agua.	33
5. Daños causados por la temperatura.	33
6. Pérdidas debidas al carácter perecedero de los productos.	34
6.1. Deterioro fisiológico.	34
6.2. Daños mecánicos (lesiones físicas).	34
6.3. Enfermedades y plagas.	35
7. La zarzamora.	35
7.1. La conservación de la zarzamora.	36
7.2. Composición química y valor nutritivo.	38
7.3. Principales enfermedades que alteran a la zarzamora.	40
7.4. La exportación de las zarzamoras.	41

	Página
7.5. Producción de zarzamoras en México.	42
CAPITULO 2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL	
2.1. Objetivos.	43
2.1.1. Objetivo general.	43
2.1.2. Objetivos particulares.	43
2.2. Cuadro metodológico.	44
2.3 Descripción de la metodología experimental	45
2.3.1. Objetivo particular 1.	45
2.3.1.1. Materiales.	45
2.3.1.2. Actividades previas	45
Actividad Previa 1. Preparación de una dispersión al 5% de grenetina.	45
Actividad Previa 2. Preparación de la película.	46
2.3.1.3. Determinación de las pruebas mecánica en la película.	46
2.3.2. Objetivo particular 2.	47
2.3.2.1. Determinación del tiempo de solubilidad de la película.	47
2.3.2.2. Determinación del hinchamiento de la película.	47
2.3.3. Objetivo particular 3.	48
2.3.3.1. Actividades previas	48
Actividad Previa 3. Preparación de la dispersión para la elaboración del recubrimiento.	48
Actividad Previa 4. Recubrimiento de la dispersión en zarzamoras por inmersión.	48
2.3.3.2. Material.	48
2.3.3.3. Determinación de los parámetros de calidad para las zarzamoras durante su almacenamiento.	49
2.3.3.3.1. Determinación de los sólidos solubles.	49
2.3.3.3.2. Determinación del pH, acidez y la relación °Brix/acidez.	49

	Página
2.3.3.4. Determinación de los parámetros físicos en el recubrimiento de las zarzamoras refrigeradas durante su almacenamiento.	50
2.3.3.4.1. Determinación de la firmeza.	50
2.3.3.4.2. Determinación del color.	51
2.3.3.4.3. Determinación de la pérdida de peso.	52
2.3.4. Análisis estadístico.	52
CAPITULO 3. RESULTADOS Y ANALISIS	
3.1. Determinación de las pruebas mecánicas en la película biodegradable comestible.	53
3.2. Determinación de las pruebas fisicoquímicas en la película biodegradable comestible.	55
3.2.1. Determinación del tiempo de solubilidad.	55
3.2.2. Determinación del hinchamiento.	55
3.3. Determinación de los parámetros de calidad en el recubrimiento de las zarzamoras refrigeradas durante su almacenamiento.	57
3.3.1. Determinación de los cambios de los sólidos solubles.	57
3.3.2. Determinación de los cambios del pH.	59
3.3.3. Determinación de los cambios de la acidez.	61
3.3.4. Determinación de la relación °Brix/acidez (SST/AC).	62
3.4. Determinación de los parámetros físicos en el recubrimiento de las zarzamoras refrigeradas durante su almacenamiento.	64
3.4.1. Determinación de los cambios de la firmeza.	64
3.4.2. Determinación de los cambios en el color.	65
3.4.3. Determinación de los cambios en la pérdida de peso.	69
CONCLUSIONES	
Conclusiones	71
BIBLIOGRAFIA	
Bibliografía	72

INDICE DE FIGURAS Y CUADROS.

INDICE DE FIGURAS	Página
Figura 1. Representación gráfica de la estructura del colágeno.	18
Figura 2. Estructura de la hidroxiprolina.	19
Figura 3. Conversión de colágeno en gnetina.	20
Figura 4. Contenido de aminoácidos (%) por 100g de gnetina pura.	20
Figura 5. Materias primas más utilizadas en la industria para la elaboración de gnetina.	22
Figura 6. Representación de la producción de gnetina en países Europeos.	23
Figura 7. Mecanismo de gelificación de la gnetina.	24
Figura 8. Cambios sufridos por la respiración y el crecimiento durante el desarrollo de la fruta.	28
Figura 9. La fotosíntesis y la respiración.	30
Figura 10. La zarzamora.	35
Figura 11. Comparación del contenido de antioxidantes de diversas frutas.	39
Figura 12. Fuerza vs Alargamiento de ruptura.	46
Figura 13. Fuerza vs Distancia.	51
Figura 14. Efecto del grosor de la película sobre la fuerza en función del alargamiento de ruptura.	53
Figura 15. Efecto del grosor sobre el hinchamiento de las películas en función del tiempo.	56
Figura 16. Efecto del tratamiento sobre los °Brix de las zarzamosas durante su almacenamiento.	58
Figura 17. Efecto del tratamiento sobre el pH de las zarzamosas durante el tiempo de almacenamiento.	60
Figura 18. Efecto del tratamiento sobre la acidez de las zarzamosas durante el tiempo de almacenamiento.	61

	Página
Figura 19. Efecto del tratamiento sobre la relación °Brix/acidez de la zarzamora durante el tiempo de almacenamiento.	63
Figura 20. Efecto del tratamiento sobre la firmeza de las zarzadoras durante el tiempo de almacenamiento.	65
Figura 21a. Efecto del tratamiento sobre la luminosidad de las zarzadoras durante el tiempo de almacenamiento.	66
Figura 21b. Efecto del tratamiento sobre el tono de las zarzadoras durante el tiempo de almacenamiento.	67
Figura 21c. Efecto del tratamiento sobre el croma o saturación de las zarzadoras durante el tiempo de almacenamiento.	67
Figura 21d. Efecto del tratamiento sobre la diferencia de color de las zarzadoras durante el tiempo de almacenamiento.	68
Figura 22. Efecto del tratamiento sobre la pérdida de peso de las zarzadoras durante el tiempo de almacenamiento.	69

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Usos de la grenetina como ingrediente alimenticio, el recomendado nivel de uso y °Bloom.	21
Cuadro 2. Algunos recubrimientos comestibles utilizados en frutas frescas cortadas.	27
Cuadro 3. Tasa de respiración de la zarzamora.	31
Cuadro 4. Daños causados en frutos por el frío.	34
Cuadro 5. Composición química de la zarzamora.	38
Cuadro 6. Valor nutritivo de la zarzamora.	39
Cuadro 7. Países exportadores de frambuesas, zarzadoras, moras y moras-frambuesas.	41
Cuadro 8. Principales estados productores de zarzadoras.	42
Cuadro 9. Formulaciones que se emplearon para la conservación de zarzadoras.	48

	Página
Cuadro 10. Fuerza, distancia y trabajo de ruptura de las películas a diferentes espesores.	54
Cuadro 11. Valores promedios del tiempo de solubilidad a diferentes grosores.	55

RESUMEN

Este trabajo se llevó a cabo para evaluar otra alternativa de conservación en las zarzamoras complementaria a la refrigeración, la cual consistió en recubrir a diferentes tiempos de inmersión (5 y 10 minutos) empleando una dispersión a base de grenetina (3 y 5%) con 0.6% Tween 60, 0.3% glicerol y como conservador se utilizó el ácido acético al 0.05% para prolongar la vida útil de las zarzamoras durante su almacenamiento a 5°C, para determinar los parámetros de calidad (pH, °Brix, acidez total titulable) y parámetros físicos (firmeza, color y pérdida de peso). Los °Brix no se vieron afectados por los diversos tratamientos, ya que no existió diferencia significativa ($p > 0.05$). En cambio el tratamiento influyó estadísticamente ($p < 0.001$) en el pH, acidez (reportada como ácido cítrico), relación °Brix/acidez, debido a la presencia de ácido acético en la película. El color fue diferente en los tratamientos pero al final de la evaluación las zarzamoras presentaban el mismo tono. La película le proporcionó brillo al fruto. El tratamiento que presentó menor pérdida de peso en el recubrimiento de las zarzamoras fue del 5% con 10 minutos de inmersión.

También se evaluaron las propiedades mecánicas (fuerza de ruptura, alargamiento de ruptura y trabajo de ruptura) de la película comestible con una concentración de 5% grenetina, 0.6% Tween 60, 0.3% glicerol y 0.05% ácido acético a diferentes grosores (0.0127, 0.0254, 0.0508 y 0.0762mm) de la película. El grosor de la película influyó en estas propiedades, ya que a menor grosor se obtuvo una menor fuerza de ruptura, un menor alargamiento y un menor trabajo de ruptura. Además a la película se le efectuaron pruebas fisicoquímicas de tiempo de solubilidad e hinchamiento. A menor grosor requirió menor tiempo de solubilidad, en cuanto al hinchamiento la película alcanza su máximo hinchamiento a los 60 minutos y a los 180 minutos la película alcanza su equilibrio.

INTRODUCCION

El desarrollo y caracterización de películas y recubrimientos comestibles han atraído la atención de los investigadores, debido a la gran variedad de aplicaciones que tienen en la industria alimentaria, en particular en la conservación de frutas y hortalizas frescas, por su selectiva funcionalidad para regular la pérdida de vapor de agua, la migración de lípidos y el transporte de gas (CO_2 , O_2), lo que permite mejorar la calidad y extender la vida útil de estos productos. Actualmente, las películas comestibles se elaboran a partir de polisacáridos, proteínas, ceras naturales y resinas, ya sea como componentes únicos o combinados para desarrollar películas compuestas, con las que se pretende crear una atmósfera modificada en el interior del fruto para retardar el proceso de maduración y senescencia, de una forma similar a la atmósfera controlada que es mucho más costosa (Bosquez, 2004).

La grenetina es una proteína obtenida de la hidrólisis del colágeno a partir de subproductos del ganado vacuno y porcino, donde se procesa la piel y el hueso (Patil y col., 2000 citado por Jongjareonrak y col., 2006), formando un gel con textura y firmeza dependiente de su concentración, la cual formará una red tridimensional debido a la presencia de enlaces intra e intermoleculares, produciendo un gel duro, flexible y elástico; pero su deshidratación puede producir películas frágiles. Las desventajas principales de las películas de biopolímeros son sus características mecánicas pobres y pueden mejorarse al incorporar otros materiales, tales como plastificantes, tensoactivos, etcétera. La grenetina es una proteína soluble en disolventes fuertemente polares, como por ejemplo el glicerol, el cual se adicionó a la película como un plastificante ya que tiene la función de disminuir las fuerzas atractivas inter e intramoleculares y aumentar la movilidad de la cadena, mejorando la flexibilidad de la película, además se adiciono el Tween 60 (polisorbato 60 o Span 60) para aumentar la capacidad de retención de agua además de ser un agente humectante y el ácido acético es un agente antimicrobiano que tiene la función de disminuir la proliferación de microorganismos (Evans y col., 1990; Vanin y col., 2005).

Flores (2005) aplicó un recubrimiento a base de gnetina al 5% con 2% de ácido acético, 0.3% de glicerol y 0.6% de Tween 60, para retrasar el proceso de maduración en guayaba permitiendo una menor pérdida de peso, mayor firmeza y disminución en la tasa de respiración. Pérez y col., (2006) retomaron la formulación de Flores, con modificaciones para alargar la vida útil por 7 días en las fresas conservándolas en envases perforados de PET (polietilénterftalato) a 5°C y 85% de humedad relativa (HR), logrando así una disminución en la pérdida de peso y en la pérdida de firmeza, permitiendo un método alternativo para preservar la calidad de la fruta. Tomando en cuenta que las películas de gnetina han mostrado gran potencial para alargar la vida útil en los frutos, se considero importante realizar una caracterización de sus propiedades mecánicas (fuerza de ruptura, alargamiento a la ruptura y el trabajo de ruptura), así como sus propiedades fisicoquímicas (tiempo de solubilidad e hinchamiento) para generar información que permita tener mejores bases para evaluar su desempeño, cuando se utilice para el desarrollo de películas cubrientes en frutos. Los valores de hinchamiento dan una idea de que tanta agua puede absorber el fruto con la película, y el tiempo de solubilidad de la película indica el comportamiento que puede tener con el medio ambiente. Así mismo, se evaluó el efecto de una película a base de gnetina con los mismos aditivos variando la concentración de gnetina y el tiempo de inmersión.

El empleo de elegir el recubrimiento en las zarzamoras fue debido a la gran demanda que tiene este fruto en el mercado ya que la podemos encontrar en mermeladas, ates, helados, bebidas, dulces, etcétera, además de que también el consumidor la puede encontrar entera en fresco o congelada, pero este fruto tiene una rápida perecibilidad en postcosecha por lo que tiene una vida de anaquel corta. Esto se debe principalmente a su alta tasa respiratoria, a su textura blanda, así como a su poca resistencia en su manipulación y en el transporte. Este trabajo nos da la posibilidad de poder consumir la zarzamora entera de manera inmediata en el mercado, enriqueciéndolo a este con un recubrimiento a base de gnetina, además de proporcionar al fruto mayor firmeza teniendo como ventajas el disminuir su daño al transportarla para que el fruto llegue al consumidor en mejores condiciones.

CAPITULO 1. ANTECEDENTES.

1. Empleo de películas biodegradables en la conservación en fresco de frutas.

El estilo de vida de los consumidores modernos por el deseo de adquirir productos naturales y beneficiosos para la salud, ha hecho que la producción y consumo de frutas se hayan visto incrementados en los últimos años. La ingesta de frutas y hortalizas en la dieta diaria tiene un efecto benéfico para la salud, aunque su consumo sigue siendo bajo con respecto a las actuales recomendaciones (Rojas y col., 2007).

La conservación de los alimentos ha sido una de las preocupaciones fundamentales del hombre. Desde el principio de su existencia sobre la tierra tuvo que buscar la manera de hacerlo durante las épocas de abundancia para poder sobrevivir en la época de escasez. En la actualidad, este punto tiene aún mayor importancia, ya que las grandes poblaciones urbanas necesitan enormes cantidades de alimentos, una gran parte de los cuales es producida y transformada en lugares muy lejanos (Morales, 1984). Las frutas en estado fresco o natural, son susceptibles de alteraciones, desórdenes y daños. Por otra parte, las frutas sólo se producen en cierta época; de ahí que sea necesario conservarlas para disponer de ellas durante todo el año. Dado que las frutas y hortalizas continúan perdiendo agua aún después de ser cosechadas, se han desarrollado métodos de conservación para prevenir las pérdidas postcosecha, alargar su vida de anaquel durante su almacenamiento, disminuir pérdidas económicas, mantener propiedades como la apariencia, la textura (turgencia, firmeza), color, sólidos solubles, acidez total titulable, pH, etcétera.

La conservación de alimentos consiste simplemente en prevenir o retardar el deterioro y la descomposición de los productos (Morales, 1984). Esto dio origen al desarrollo de diferentes alternativas tecnológicas para la conservación, entre ellas se encuentran:

1.1. Refrigeración.

La refrigeración prolonga la conservación, con lo cual es posible extender por varios días la vida de almacenamiento de alimentos perecederos frescos como frutas, almacenándolos a temperaturas justo por encima del punto de congelación del alimento en estado fresco (normalmente entre 1°C y 4°C), lo que permite retardar y moderar la maduración y más concretamente las reacciones ligadas a la respiración (Aleixandre, 1996). El frío necesario para conservar adecuadamente los alimentos varía según el tipo de producto, su variedad y de acuerdo al período de tiempo que éste deba almacenarse. Por ejemplo, la temperatura de almacenamiento en zarzamoras es de 0 a 1°C y 90% HR, para tener una vida de almacenamiento de una semana aproximadamente (Lage y col., 1989). Las manzanas se conservan más tiempo a 4°C que a 15°C; las peras, se conservan el doble del tiempo a -2°C que a 1°C. En general cuando la temperatura es baja, el peligro de desarrollo de mohos es menor. El efecto de una temperatura de almacenamiento incorrecta, tiene como consecuencia una pérdida en la calidad del producto. Algunas frutas son muy sensibles a las temperaturas de almacenamiento y, por lo tanto son susceptibles a las llamadas “enfermedades por frío” que les ocasionan daños físicos (quemaduras) cuando están expuestas a temperaturas superiores o inferiores a las temperaturas críticas de almacenamiento. Las frutas cítricas, por ejemplo, con frecuencia desarrollan “picaduras” en la corteza si se almacenan a temperaturas insuficientemente frías, mientras que a temperaturas inferiores a la crítica, la corteza o cáscara se oscurece y el fruto se ablanda. Para casi todos los tipos de manzanas, las mejores temperaturas de almacenamiento oscilan entre 1 y 0°C; sin embargo, algunas variedades se ponen suaves si se mantienen a menos de 2°C, o se oscurecen a temperaturas inferiores a 3°C, mientras que otras experimentan un oscurecimiento interno cuando se almacenan a menos de 4°C (Morales, 1984). En general, el daño por frío varía con la especie, inclusive en algunos casos por variedad dentro de una especie, por el tiempo de exposición y el grado en que disminuya la temperatura. Los frutos son susceptibles a las bajas temperaturas, en consecuencia, se requiere desarrollar una tecnología apropiada para extender la vida de los frutos en almacenamiento y reducir las pérdidas postcosecha, y de esta forma

explotar el mercado potencial que existe.

1.2. Congelación.

En la congelación se aprovecha el efecto de las bajas temperaturas, pero combinadas con la transformación de gran parte del agua líquida en hielo. Las temperaturas actualmente usadas son de -18°C o menores con una fuerte tendencia internacional de llegar a conservar a -25°C . Es posible conservar los alimentos por varios meses al congelarlos y almacenarlos a temperaturas muy por debajo del punto de congelación normalmente entre -18°C y -35°C dependiendo del alimento en particular. La congelación rápida individual por sus siglas en inglés IQF (Individual Quick Frozen) para la zarzamora es de hasta -25°C . En este método las células de los tejidos de toda actividad metabólica, química y microbiológica son extremadamente bajas si las temperaturas de almacenamientos son adecuadas (Çengel, 2003, De Michelis, 2006).

1.3. Atmósferas controladas (CA).

En el caso de los productos frescos como frutas, las cámaras de frío con atmósfera controlada han sido usadas para el almacenaje de largo plazo de manzanas, peras, kiwis, etcétera obteniéndose “mediante este sistema fruta de óptima calidad almacenada por varios meses”. Cuando hablamos de atmósfera controlada nos referimos a cámaras en las que se emplean mezclas de gases (oxígeno, anhídrido carbónico o nitrógeno) que se monitorean regularmente y de control automático. De hecho tanto la disminución de O_2 , como el aumento del CO_2 tienen como consecuencia una disminución de la tasa respiratoria de frutas. La tasa respiratoria de los tejidos vegetales cambia en función de varios factores, entre ellos la especie, la variedad, temperatura de almacenaje y el estado fisiológico en que se encuentren. El desarrollo de los materiales en envase biodegradable permite la sustitución de materiales sintéticos convencionales (Del Valle y col., 2002).

1.4. Atmósferas modificadas.

La preservación de alimentos por medio de la modificación de la atmósfera ha demostrado ser una buena alternativa y/o complemento a la refrigeración, puede representar una ayuda por la acción del frío y al mismo tiempo resolver algunos inconvenientes de las bajas temperaturas como puede ser: las alteraciones fisiológicas, la duración de conservación demasiado corta, etcétera (Del Valle y col., 2002). La atmósfera modificada por películas es una técnica que se usa en la conservación de frutas, ya sean enteras o cortadas, empleando películas con una permeabilidad definida y su fundamento se basa en el cambio de las condiciones gaseosas iniciales del entorno inmediato del producto, como consecuencia de su metabolismo y la barrera semipermeable (Romajaro y col., 1996).

1.4.1. Recubrimientos comestibles.

Un recubrimiento comestible es definido como una capa delgada de material comestible, formado como un revestimiento sobre el alimento, mientras una película comestible es una capa preformada y delgada elaborada con material comestible en la cual una vez elaborada puede ser colocada sobre el alimento o entre los componentes del mismo (McHugh, 2000 citado por Rojas y col., 2007). La principal diferencia entre ambos sistemas comestibles es que los recubrimientos comestibles son aplicados en forma líquida sobre el alimento, generalmente por inmersión del producto en una solución, y las películas comestibles son en primer lugar preformadas como láminas sólidas, las cuales son posteriormente aplicadas en forma de recubrimiento sobre el alimento (Rojas y col., 2007).

Según Kester y Fennema, (1986) (citado por Rojas y col., 2007), los recubrimientos comestibles tienen la función de retardar la migración de humedad, controlar el transporte de gases (O_2 , CO_2 y etileno), retener componentes volátiles, servir de vehículo de aditivos, mejorar las propiedades mecánicas y de manejo del alimento, además de impartir una mayor integridad a la estructura del mismo.

Las películas o recubrimientos pueden satisfacer muchos de los requisitos involucrados en la comercialización de alimentos como la sanidad, alta calidad, estabilidad y economía, pueden reducir la pérdida de peso, retardar el proceso de maduración para ampliar la vida en anaquel y dar brillo a los frutos mejorando de esta forma su apariencia. La ventaja principal de las capas comestibles es que pueden ser consumidos junto con el alimento, además pueden realzar las características sensoriales, de textura, proteger al fruto de ataques microbianos, disminuir desperdicios y controlar el intercambio de gas. Una de las principales desventajas del uso de los recubrimientos comestibles es su grosor, ya que éste puede restringir el intercambio gaseoso durante la respiración de los tejidos, pudiendo dar origen a la respiración anaeróbica con la acumulación de altos niveles de etanol y por ende el desarrollo de malos sabores e interferir con el proceso normal de maduración. Por otro lado, recubrimientos con escasas propiedades de barrera al vapor de agua pueden causar pérdida de peso y de humedad del alimento sobre el que están aplicados, aunque puede prevenirse la condensación de vapor de agua, que puede dar origen al crecimiento microbiano en frutas y hortaliza envasadas (Rojas y col., 2007).

Entre las principales propiedades del recubrimiento comestible se pueden destacar las siguientes:

1.4.1.1. Propiedades de barrera.

La característica funcional más importante del recubrimiento comestible para muchas aplicaciones es la resistencia a la migración de humedad. La naturaleza del recubrimiento comestible empleado desempeña aquí un papel muy importante: a mayor hidrofiliía de los materiales utilizados, mayor permeabilidad al vapor de agua.

Los recubrimientos elaborados a partir de polímeros naturales, tales como los polisacáridos (almidón y derivados de la celulosa, alginatos, pectinas, gelana, carragenina, etcétera), así como aquellos a base de proteínas, muestran una baja resistencia al agua y poseen pobres propiedades de barrera como consecuencia de

su naturaleza hidrofílica (Rojas y col., 2007).

1.4.1.2. Propiedades mecánicas.

Las propiedades mecánicas del recubrimiento comestible dependen en gran medida del tipo de material empleado en su elaboración y especialmente de su grado de cohesión, es decir, la habilidad del polímero para formar puentes moleculares numerosos y estables entre cadenas poliméricas, los cuales impiden su separación. Las propiedades de las películas dependen en gran medida de la composición y estructura de los ingredientes. Por lo tanto, la elección de las sustancias a emplear y/o aditivos activos a añadir están totalmente relacionadas con la función para la cual se desea utilizar la cobertura comestible, la naturaleza del alimento y el método de aplicación. Según Olivas y Barbosa Cánovas (citado por Rojas y col., 2007), cuando el material empleado para recubrir se coloca en la superficie de las frutas, se desarrollan dos fuerzas: cohesión de las moléculas dentro de la cobertura y adhesión entre el recubrimiento y la fruta. El grado de cohesión de los recubrimientos comestibles gobierna las propiedades de barrera y mecánicas de las coberturas. Una alta capacidad de adhesión asegura una larga duración del recubrimiento en la superficie de la fruta (Rojas y col., 2007).

1.4.2. Principales componentes de los recubrimientos comestibles.

Los materiales que pueden ser usados para formar películas comestibles incluyen: proteínas, polisacáridos, lípidos (ceras) y sus compuestos o la combinación de estos materiales. Las formulaciones de películas con proteína han incluido: colágeno, grenetina, zeína, gluten, proteínas de soya, caseína y proteínas de suero; como película de polisacáridos se han empleado: el almidón, alginato, carrageninas, pectinas y quitosan. Las películas de lípidos han incluido ácidos grasos, ésteres, ceras, triglicéridos, etcétera. Estos tipos de materiales no solo son inherentemente biodegradables sino que son también altamente reciclables (Colomé, 1998).

1.4.3. Aditivos empleados en la elaboración de recubrimientos comestibles.

1.4.3.1. Plastificantes.

Además del componente de naturaleza polimérica y de alto peso molecular (matriz), otro componente importante de los recubrimientos comestibles son los plastificantes. Estos 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. Dentro de los agentes plastificantes utilizados más frecuentemente se encuentran: glicerol, polietilenglicol, sorbitol, aceites, ácidos grasos, ceras, etcétera.

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 modifican la capacidad de atracción de agua del sistema y generalmente suelen aumentar la permeabilidad al oxígeno en los recubrimientos comestibles. Dentro de los agentes plastificantes están los alcoholes polihídricos, las ceras y los aceites se utilizan para mejorar la flexibilidad y elongación del material de las sustancias poliméricas (Rojas y col., 2007).

1.4.3.2. Antioxidantes.

Se utilizan agentes antioxidantes tales como el ácido ascórbico, el ácido cítrico, y la N-acetilcisteína para evitar el pardeamiento enzimático, siendo esta una de las causas de deterioro en frutos cortados.

1.4.3.3. Agentes reafirmantes.

El cloruro de calcio, es reafirmante al igual que otras fuentes de cationes divalentes, siendo utilizados para lograr el entrecruzamiento y formar geles firmes al reaccionar con compuestos coloidales poliméricos como: el alginato, gelatina y pectina.

1.4.3.4. Antimicrobianos.

Dentro de los agentes antimicrobianos que se han empleado para el recubrimiento de productos frescos, se encuentran los ácidos orgánicos y sus sales (ácido sórbico, propiónico y benzoico), sulfitos, nitritos, bacteriocinas (nisina y pediocinas), enzimas (lisozimas), entre otros. Una de las tendencias más recientes consiste en la incorporación de compuestos de origen natural, tales como los extractos de plantas tales como: canela, vainillina, clavo, orégano, cebolla, ajos, mostaza, semillas de pomelo, entre otras, los cuales poseen propiedades antimicrobianas (Rojas y col., 2007).

La adición de aditivos es para mejorar las propiedades de las coberturas. Se ha demostrado que algunos aditivos actúan más efectivamente en alimentos cuando son aplicados formando parte del recubrimiento comestible que cuando son aplicados en soluciones acuosas mediante dispersión o inmersión, ya que las coberturas pueden mantener los aditivos en la superficie del alimento durante más tiempo.

1.5. Bases de las películas.

Se han realizado numerosos estudios de coberturas con diversas bases como: polisacáridos, proteínas, lípidos e incluso películas mixtas.

1.5.1. Recubrimientos comestibles basados en polisacáridos.

Las coberturas a base de polisacáridos suelen usarse en frutas ya que reducen la tasa respiratoria y el intercambio de gases gracias a su permeabilidad selectiva al O₂ y al CO₂, aunque son una barrera deficiente al vapor de agua. La incorporación de otros componentes tales como lípidos, bien en una emulsión o como una capa dentro de las formulaciones de las coberturas, generalmente mejoran las propiedades de barrera al vapor de agua para este tipo de recubrimientos. Entre los polisacáridos empleados más frecuentemente como base para formar recubrimiento comestible en frutas se encuentran: maltodextrinas, metilcelulosa, carboximetilcelulosa, quitosan, pectina, alginato, gelana, almidón y mucílagos (Rojas

y col., 2007).

1.5.1.1. Celulosa y sus derivados.

La celulosa es un polisacárido compuesto por unidades de D-glucosa que son altamente permeables al vapor de agua. Constituye uno de los recubrimientos comestibles más empleados en productos frescos, sus derivados tales como la metilcelulosa (MC), y formas aniónicas, como la carboximetilcelulosa (CMC) que le confieren excelentes propiedades mecánicas y funcionales. Por sus efectivas cualidades y su bajo costo, estos compuestos han sido ampliamente estudiados y usados en frutas y hortalizas (Rojas y col., 2007).

Níspero (1994) (citado por Rojas y col., 2007), aplicaron un recubrimiento a base de CMC, lecitina y polietilenglicol en rodajas de mango, logrando mantener el color original de la fruta durante todo el almacenamiento.

Brancoli y Barbosa (2000) (citado por Rojas y col., 2007), lograron disminuir la producción de etileno y reducir el pardeamiento enzimático de manzanas frescas cortadas mediante la aplicación de un recubrimiento de maltodextrina y metilcelulosa.

1.5.1.2. Quitosan.

Este polisacárido de alto peso molecular, normalmente obtenido por deacetilación alcalina de la quitina proveniente de las cubiertas de los crustáceos, es ampliamente utilizado como recubrimiento comestible. Este tipo de recubrimiento es efectivo en prolongar la vida útil y mejorar la calidad de frutas, ya que presenta una alta permeabilidad selectiva frente a los gases, una ligera resistencia al vapor de agua, además de poseer propiedades antifúngicas. La aplicación de coberturas de quitosan retardó los cambios en el contenido de antocianinas, flavonoides y fenoles totales, además de disminuir la pérdida de peso y el pardeamiento en frutas como el litchi.

Assis y Pessoa, (2004) (citado por Rojas y col., 2007), evaluaron las propiedades del recubrimiento de quitosan aplicado en rodajas de manzana, obteniendo una disminución en la pérdida de peso, además de ser un excelente recubrimiento antifúngico.

Chien y col., (2005), vieron la necesidad de alargar la vida útil de la pulpa de mango, debido a las necesidades de los vendedores y del propio consumidor. Aplicaron diferentes concentraciones de quitosan en solución acuosa tales como 0%, 0.5%, 1% y 2% a mango manualmente rebanado y almacenado en película polidicloruro de vinilo (PVCD). Concluyeron que no había diferencia entre la concentración de quitosan, recomendando su uso para la comercialización durante el almacenaje debido a que retardó la pérdida de agua, aumentó la concentración de sólidos solubles, la acidez titulable y el ácido ascórbico. También inhibió el crecimiento microbiano de tal manera que se amplió la vida útil de la fruta rebanada del mango.

Bautista y col., (2006), aplicaron concentraciones de quitosan al 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5% en frutos de ciruela mexicana a diferentes temperaturas, por un periodo de tiempo variando la temperatura. Los resultados obtenidos indicaron que el almacenamiento se prolongó 12, 6 y 10 días cuando se almacenaron a 12, 15 y $27\pm 2^{\circ}\text{C}$, respectivamente. La fruta testigo tuvo los sólidos solubles totales más altos comparados con la fruta tratada con quitosan. La fruta tratada con quitosan al 2.5% tuvo la menor pérdida de peso, y además de ser un agente antifúngico a 2.0 y 2.5% a 12°C .

Leyva y col., (2004), evaluaron el efecto de la aplicación de películas a base de quitosan, en aguacates variedad Hass durante 56 días de experimentación. Los tres lotes que emplearon fueron: con recubrimiento en solución de quitosan, quitosan compuesto y sin cubrir. Obteniendo un beneficio en el almacenamiento de 56 días de vida útil, con una buena calidad comestible libre de enfermedades postcosecha, con el recubrimiento de quitosan compuesto a temperatura de refrigeración, obteniendo además una menor pérdida de humedad, una mayor firmeza con respecto al control.

1.5.1.3. Pectinas.

Las pectinas son un importante constituyente de la pared celular de muchas plantas. Comercialmente, las pectinas son extraídas del bagazo de manzanas o de la piel de los frutos cítricos. Las pectinas de bajo grado de metoxilación se emplean normalmente en la elaboración de recubrimientos comestibles, ya que son capaces de formar geles firmes en presencia de iones de calcio, los cuales establecen puentes estables con los grupos carboxilos de la pectina.

Wong y col., (1994) (citado por Rojas y col., 2007), evaluaron el efecto del recubrimiento comestible en forma de bicapas de polisacáridos/lípidos en trozos de manzana, probando entre ellos una mezcla de pectina con monoglicérido acetilado, y observaron una reducción en la tasa de producción de CO₂ y etileno de hasta un 90%.

1.5.1.4. Alginato.

El alginato, es un polisacárido derivado de algas marrones de origen marino (*Phaeophyceae*), se encuentra formando parte de la pared celular de las algas, de forma análoga a la celulosa y pectina en la pared celular de las plantas terrestres. El ácido algínico es un co-polímero insoluble, de bajo peso molecular de los ácidos gulurónico (G) y manurónico (M), pero sus sales de metales alcalinos son solubles en agua y forman geles rápidamente en presencia de calcio, los cuales presentan buenas características para ser empleados como películas comestibles. Las propiedades gelificantes del alginato se deben a su capacidad de formar enlaces con iones divalentes como el calcio.

Wong y col., (1994) (citado por Rojas y col., 2007), estudiaron el efecto de la combinación de alginato con un monoglicérido acetilado sobre trozos de manzana cortada, observando un ligero aumento de la resistencia al vapor de agua comparado con recubrimientos de naturaleza similar.

Tapia y col., (2005) (citado por Rojas y col., 2007), emplearon un recubrimiento comestible a base de alginato y cloruro cálcico para recubrir trozos de papaya, y evaluaron la resistencia al vapor de agua a medida que se incrementaba la concentración de glicerol y de ácido ascórbico en la formulación.

1.5.1.5. Gelana.

La gelana es un hidrocoloide multifuncional que se obtiene de la bacteria *Pseudomonas elodea* el cual puede ser usado en una amplia variedad de productos alimenticios que demandan procesos de gelificación, texturización, estabilización, suspensión y formación de películas. La gelana, al igual que el alginato es muy apropiado para formar recubrimiento comestible debido a sus propiedades coloidales y a su habilidad para formar geles en presencia de cationes tales como Potasio (K^+), Sodio (Na^+), Calcio (Ca^{++}), Magnesio (Mg^{++}). Este polisacárido es capaz de formar recubrimientos con buenas propiedades mecánicas y de barrera, además de ser un gel de apariencia transparente.

Rojas y col., (2006) (citado por Rojas y col., 2007), emplearon un recubrimiento a base de gelana al 0.5% sobre trozos de manzana Fuji, observando una moderada resistencia al vapor de agua, además de una buena formulación y adhesión del recubrimiento sobre los trozos de fruta.

1.5.1.6. Almidón.

El almidón es uno de los materiales comúnmente empleados ya que es económico, fácilmente disponible y relativamente fácil de manipular. La amilosa es el compuesto responsable de la formación de recubrimientos de almidón y su uso para tal fin se ha extendido en los últimos años. Los recubrimientos elaborados con este material presentan baja permeabilidad al oxígeno.

García y col., (1998) (citado por Rojas y col., 2007), trabajaron con recubrimientos de almidón con alto contenido en amilosa para el recubrimiento de fresas logrando extender la vida útil de las frutas con disminución del proceso de senescencia,

manteniendo la firmeza y la reducción de la pérdida de peso durante el almacenamiento.

1.5.1.7. Mucílagos.

Los mucílagos son polisacáridos heterogéneos formados por diferentes azúcares y, en general, ácidos urónicos. Los mucílagos son constituyentes normales de las plantas y su uso en el recubrimiento de frutas no ha sido muy estudiado. Del Valle y col., (2005) (citado por Rojas y col., 2007), desarrollaron un recubrimiento comestible a partir de mucílagos de cactus (*O. ficus indica*) con el fin de extender la vida útil de fresas. Este recubrimiento no afectó la calidad sensorial de las frutas recubiertas, manteniendo además su color y firmeza original durante el almacenamiento.

Serrano y col., (2006) (citado por Rojas y col., 2007), emplearon un gel elaborado a partir de sábila (*Aloe vera*) para el recubrimiento de uvas de mesa, observando una extensión de la vida útil de las frutas de hasta 35 días comparado con uvas sin recubrir. Además, dicho recubrimiento permitió retener la concentración de ácido ascórbico de las uvas.

Martínez y col., (2006) (citado por Rojas y col., 2007), estudiaron el efecto de la sábila (*Aloe vera*) en el recubrimiento de cerezas observando una disminución de los diferentes parámetros responsables de la pérdida de calidad de la fruta, además de tener excelentes propiedades sensoriales en los recubrimientos.

1.5.2. Recubrimientos comestibles basados en proteínas.

Se han realizado numerosos estudios de recubrimientos a base de proteínas para fabricar recubrimientos comestibles, entre los que se incluyen: caseína, proteína aislada o concentrada de suero lácteo, gluten de trigo, zeína y proteína de soya, entre otras (Rojas y col., 2007).

1.5.2.1. Caseína.

La caseína, una proteína de la leche soluble en agua, puede dar lugar a formar diversos recubrimientos con buenas propiedades mecánicas, además de no conferir ningún tipo de color u olor diferente del alimento donde se aplica. Debido a su alta permeabilidad al vapor de agua, necesita de otras sustancias para mejorar sus propiedades de barrera. Por ejemplo, la incorporación de lípidos en recubrimientos de caseína proveen una buena protección para frutas y hortalizas en trozos contra la pérdida de agua y el pardeamiento oxidativo.

Le Tien y col., (2001) (citado por Rojas y col., 2007), recubrieron trozos de manzanas con coberturas basadas en proteínas de la leche (caseínas y proteínas provenientes del suero de la leche), estudiando su efectividad en la prevención del oscurecimiento enzimático. Los resultados obtenidos confirmaron que dichas formulaciones fueron efectivas en retardar las reacciones de oscurecimiento, gracias a su actuación como barrera al oxígeno, siendo la película basada en proteína de suero más efectiva que la producida a partir de caseína.

1.5.2.2. Proteínas de suero.

Las películas hechas a partir de proteínas de suero aisladas, poseen alta permeabilidad a los gases y han sido probadas en frutas. Un estudio realizado en manzanas Fuji cubiertas con este tipo de recubrimiento comestible indicó que dichas coberturas son buenas barreras al intercambio gaseoso.

Sonti y col., (2003) (citado por Rojas y col., 2007), recubrieron trozos de manzana con concentrado y aislado de proteínas de suero, observando una reducción del pardeamiento enzimático y reducción de las pérdidas de firmeza durante el almacenamiento.

1.5.2.3. Zeína.

La zeína es una proteína natural del maíz, insoluble en agua, pero soluble en soluciones acuosas de alcohol, glicerol y ésteres de glicerol. Posee buenas

propiedades para formar coberturas, además de presentar excelentes propiedades de adhesividad y buena barrera al oxígeno, aunque por su elevada hidrofobicidad y fragilidad requieren la adición de agentes plastificantes como el glicerol. Park y col., (1994) (citado por Rojas y col., 2007), utilizaron zeína de maíz para elaborar coberturas comestibles para recubrir tomates cortados, obteniendo una reducción de cambios de color, pérdida de peso y firmeza de los frutos.

Las películas de proteína pueden aumentar el valor alimenticio del alimento; sin embargo su permeabilidad al vapor es menor y su fuerza mecánica es más baja en comparación con los polímeros sintéticos, factores que limitan su uso en el acondicionamiento de los alimentos.

1.5.2.4. El colágeno.

Una molécula de colágeno consiste en una cadena de tres proteínas (cadena alfa), cada una de ellas curvada como hélice hacia la izquierda. A su vez esta cadena está entrecruzada en una hélice izquierda para formar una triple hélice, que constituye una unidad macromolecular denominada tropocolágeno (ver figura 1) (Internet 1).

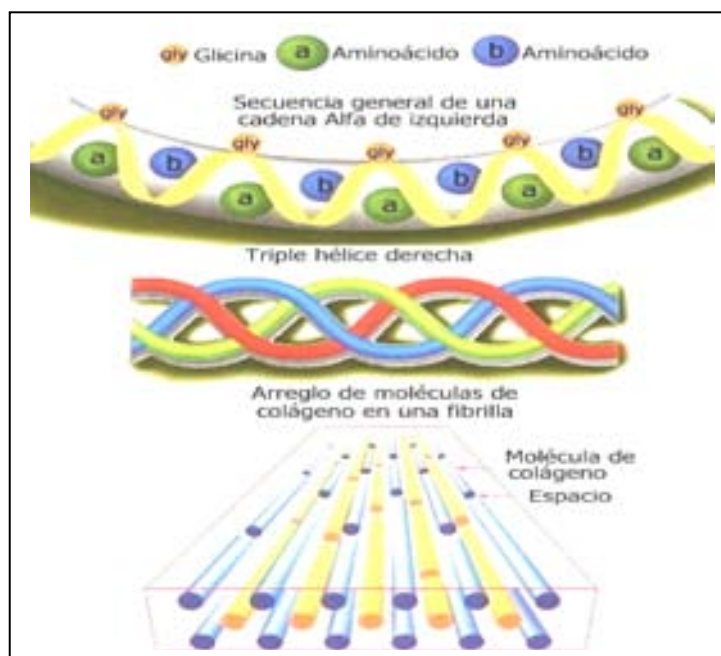


Figura 1. Representación gráfica de la estructura del colágeno (Internet 1).

Cuando se analiza la composición química de estas cadenas de polipéptidos que constituyen el colágeno, se ve que los aminoácidos que conforman el colágeno tienen una distribución bastante regular, que es lo que caracteriza a las proteínas. La estructura del colágeno es repetitiva debido a la secuencia de aminoácidos que se simboliza de la siguiente manera:



A lo largo de los 1000 aminoácidos que constituyen cada polipéptido, encontramos el aminoácido "glicina" (Gli), A y B pueden ser cualquier aminoácido, excepto aquellos que contienen azufre. Los aminoácidos que con más frecuencia aparecen en A es un aminoácido específico del colágeno que es la prolina y en el lugar de la B está la hidroxiprolina.

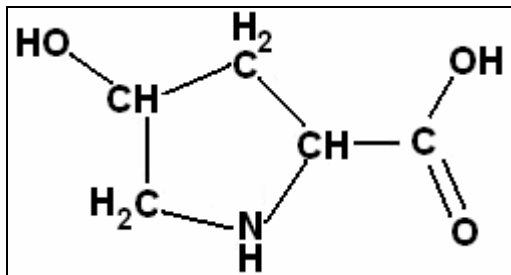


Figura 2. Estructura de la hidroxiprolina (Internet 2).

Se sabe que la hidroxiprolina desempeña un papel fundamental y especial como elemento que estabiliza la triple hélice (ver figura 2).

Finalmente, existen otros dos aminoácidos que se encuentran además en el colágeno, que son lisina y la hidroxilisina (Internet 2).

1.5.2.5. La grenetina

La grenetina es una proteína coloidal soluble en agua, hidrófila, que se obtiene por hidrólisis del colágeno que inicialmente es insoluble en agua. Esta hidrólisis es ocasionada por el incremento de temperatura y se produce una transición de su estructura de hélice a estructura al azar. El producto obtenido es soluble y se conoce como grenetina (ver figura 3).

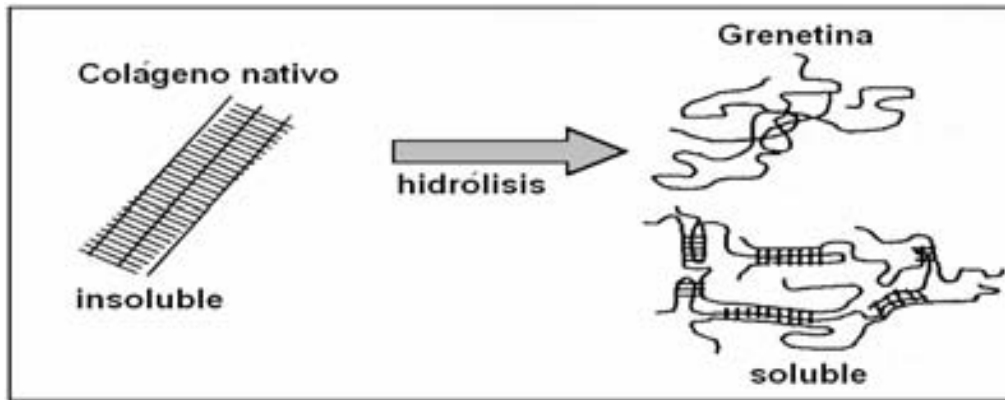


Figura 3. Conversión de colágeno en grenetina (Montero y col., 2005).

A continuación se muestran en porcentaje el contenido de aminoácidos para la grenetina pura (ver figura 4).

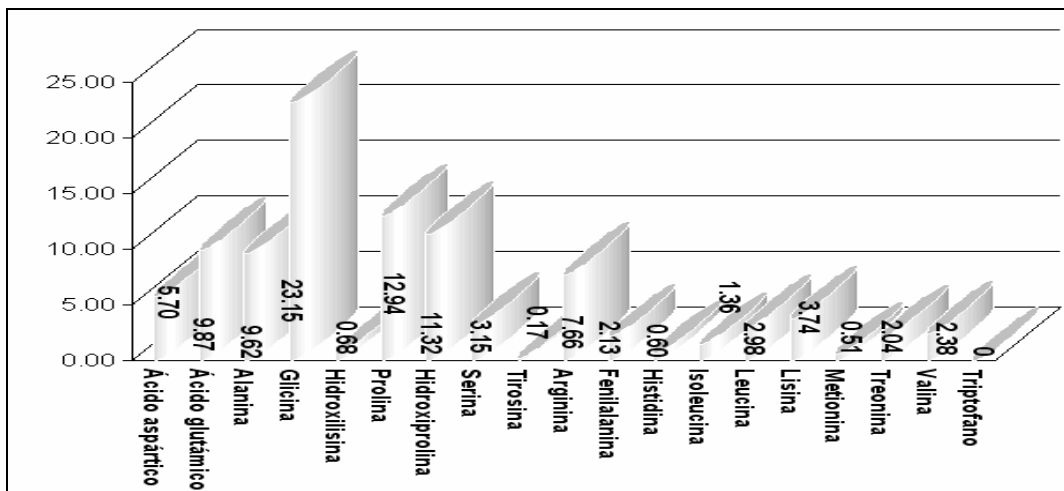


Figura 4. Contenido de aminoácidos (%) por 100g de grenetina pura (Internet 3).

La grenetina se incluye en una dieta normal en conjunto con otras proteínas, puede en algunos casos incluso aumentar el valor biológico de la proteína añadida. En estos casos de combinación proteica, la grenetina es una buena fuente de proteínas, a pesar de que carece de triptófano y las concentraciones de metionina, cisteína y tirosina son muy bajas, por lo que no es una proteína completa desde el punto de vista nutritivo.

1.5.2.5.1. Tipos de grenetina comerciales.

Las grenetinas son comercializadas de acuerdo con su capacidad para gelificar. La propiedad más importante de las grenetinas es la capacidad de formar geles de modo reversible. La firmeza de un gel está en función del valor de grados Bloom, que es la capacidad de gelificación y de la concentración de la grenetina empleada. El poder de gelificación se determina mediante el valor de Bloom, que nos da una idea de la firmeza de un gel estandarizado bajo unas determinadas condiciones. La fuerza en estado gelificado, o °Bloom, expresada en gramos, está ligada a la elasticidad mecánica del gel. Esto permite la clasificación de las grenetinas. La medida estandarizada se hace utilizando un gelímetro de Bloom. Corresponde a la fuerza necesaria para formar una depresión de 4mm por medio de un émbolo de 12.7mm de diámetro en un gel con el 6.67% de proteína previamente acondicionada a 10°C durante 16–18 horas. Este valor comprendido entre 50 y 300°Bloom permite caracterizar las propiedades de los geles a la temperatura de conservación de los productos. La fuerza en estado gelificado aumenta con el tiempo: es la «maduración» del gel; varía en sentido contrario a la temperatura. Cuanto más alto sea el valor Bloom tanto más alta es la intensidad de gelificación (Linden y col., 1994; Internet 4 e Internet 5).

En el cuadro 1 se muestra diferentes usos de la grenetina como ingrediente alimenticio, el nivel de uso recomendado según los °Bloom.

Cuadro 1. Usos de la grenetina como ingrediente alimenticio, el recomendado nivel de uso y °Bloom (Internet 6).

Producto	Nivel de Uso (%)	°Bloom
Productos de repostería	1 – 2	225 – 250
Bombones	1.7 – 2.5	225 – 275
Gomitas	7 – 9	200 – 250
Postres de grenetina	7 – 9	175 – 275
Productos lácteos	0.2 – 0.5	150 – 250
Jugos, vino y cerveza	0.002 – 0.015	100 – 200
Productos de carne	1 – 5	175 – 275

Las marcas de grenetina más comerciales en los centros de distribución en México son: **Coloidales Duche S. A.**, fue fundada en 1959, cuenta con una planta localizada en la zona industrial de la Ciudad de Toluca con una capacidad de producción de 3,600 toneladas anuales, y **Gelita México** pertenece a *Gelita The Gelatine Group*, algunos de sus productos se encuentra: Supergel, Forgel, Fardel y Wilson. Esta última fue la que se utilizó durante la experimentación en el presente trabajo (Internet 7 e Internet 8).

1.5.2.5.2. El mercado mundial de la grenetina.

En la figura 5 se representan datos referentes al mercado mundial en el año 2006 reportado por la GME (Gelatine Manufacturers of Europe), siendo la asociación de los fabricantes europeos de grenetina quien utiliza principalmente como materias primas en su elaboración de grenetina: la corteza de tocino 46%, mientras que las pieles representan el 28% y los huesos solo un 24%.

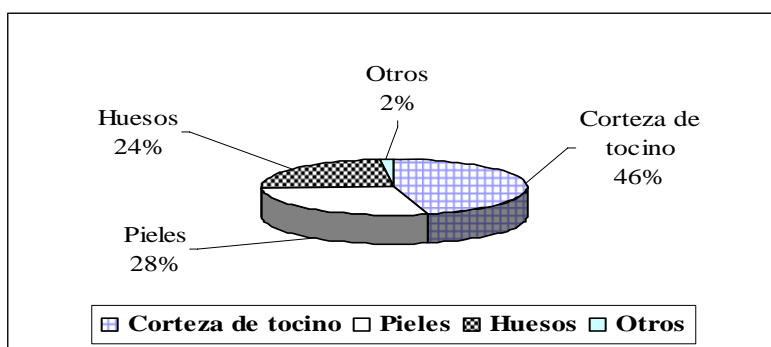


Figura 5. Materias primas más utilizadas en la industria para la elaboración de grenetina (Internet 9).

1.5.2.5.3. Producción de grenetina en países Europeos en el 2006.

En la figura 6 se presentan datos referentes a la producción anual de la grenetina en el 2006 a nivel Europeo siendo Alemania, Francia, Bélgica, Suecia, España e Italia, los principales países productores y sus respectivos porcentajes en la participación del mercado.

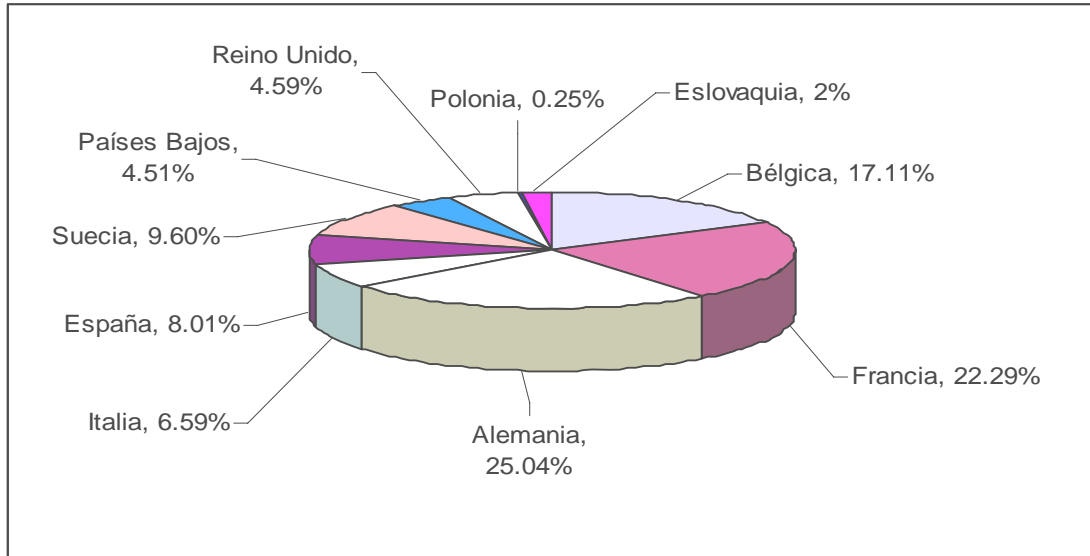


Figura 6. Representación de la producción de gretina en países Europeos (Internet 9).

1.5.2.5.4. Gelificación de la gretina.

Se desconocen las fuerzas que promueven la unión de las moléculas de la gretina en la frágil arquitectura del gel. Se han sugerido tanto los puentes de hidrógeno, como las fuerzas de Vander Waals, debido a la naturaleza de las moléculas de gretina y a la facilidad con la que el gel se licua y vuelve a formar al cambiar la temperatura.

La gelificación de la gretina puede considerarse como una renaturalización parcial del colágeno. Dado que existe una libertad limitada de movimiento de las cadenas, se consigue una estructura elástica y no rígida ni dura como el colágeno nativo. La obtención de un gel de gretina pasa por la disolución en caliente o a temperatura moderada de un polvo seco de gretina y una posterior gelificación en frío. El mecanismo de gelificación de la gretina, depende de la concentración de gretina, de la temperatura y del tiempo de enfriamiento (ver figura 7).

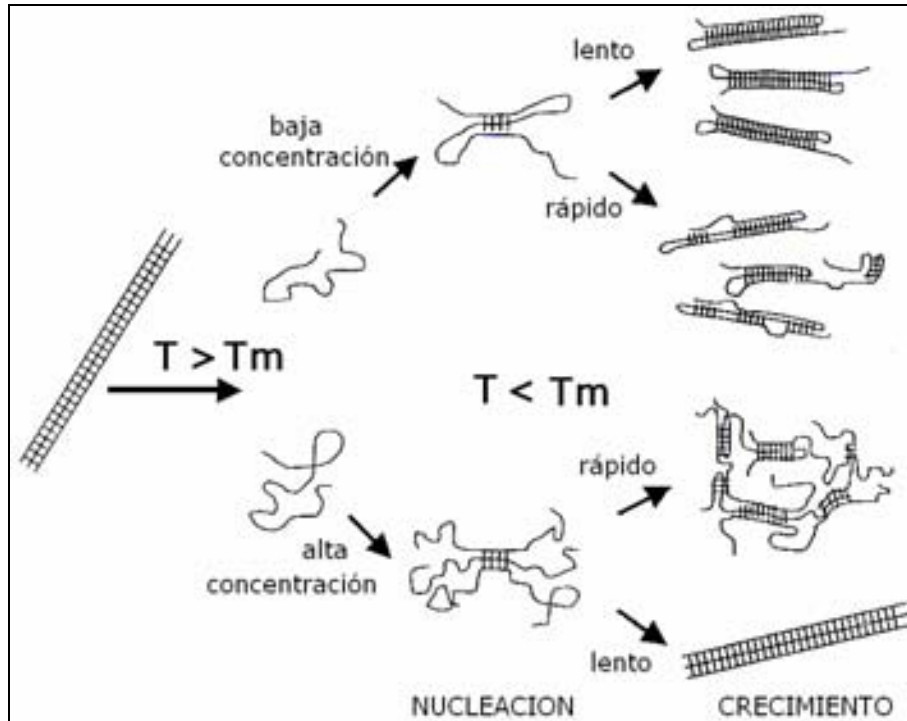


Figura 7. Mecanismo de gelificación de la grenetina (Montero y col., 2005).

Por encima de la temperatura de fusión (T_m), las cadenas α se encuentran desdobladas y separadas. Al enfriar por debajo de la temperatura de fusión se produce el fenómeno de nucleación. Cuando la concentración es baja, hay gran probabilidad que los puntos de nucleación sean intramoleculares o entre cadenas. Finalmente, hay un proceso de estabilización adicional por establecimiento en frío de nuevos enlaces de hidrógeno. Cuando el enfriamiento es rápido, el crecimiento por incorporación de nuevos residuos es más imperfecto, originando geles menos fuertes. Cuando la concentración de grenetina es alta, aumenta la probabilidad de establecer enlaces intermoleculares implicando simultáneamente a las tres hélices. Al enfriar rápidamente, se forma una red más compleja o intrincada que la anterior, aunque con zonas imperfectas, de manera que es cuando se enfría más lentamente cuando se consigue un mayor grado de similitud con la disposición inicial más ordenada del colágeno (Charley, 1999, Montero y col., 2005).

1.5.3. Recubrimientos comestibles basados en lípidos.

Las cubiertas de cera sobre las frutas han sido usadas en China desde el siglo XII para mejorar la calidad y conservación de frutas (Rojas y col., 2007). Las ceras fueron utilizadas solamente como abrillantadores de la superficie de los frutos (Akamine, 1979 citado por Coronado y col., 1993). A principios de los setentas el investigador mexicano Octavio Paredes López, junto con un destacado grupo de colaboradores de los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial y del Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, realizaron trabajos de investigación sobre el posible uso de la cera de candelilla para preservar frutas, comenzando con pruebas sobre el limón mexicano. El efecto del recubrimiento de ceras sobre las frutas repercute en una prolongada conservación de ellas, manifestada en una notable disminución de pérdida fisiológica de peso y en una preservación al ataque de microorganismos, que normalmente provocan putrefacciones, siempre y cuando se efectúe una desinfección previa al encerado de las mismas (Calderón, 1987).

Los primeros estudios en México sobre el uso de la cera de candelilla se realizaron en 1972, explorándose las posibilidades de mejorar la conservación mediante su recubrimiento con películas a base de cera de candelilla, además de prolongar la vida comercial. Por ejemplo, en la naranja prolongaron su vida comercial hasta 7 días a 20–21°C con 70 a 80%HR. En aguacate Hass prolongaron 14 días la vida postcosecha almacenada a 19°C y 70% HR (Coronado y col., 1993).

Zambrano y col., (1995), recubrieron mangos Palmer y Keitt con cera, logrando reducir la pérdida de peso, lo que reflejó la importancia del uso de ceras. Éstas proveen brillo y protección postcosecha a estos frutos.

Pérez y col., (2003), evaluaron la influencia de la aplicación de cera comestible en la firmeza, pérdida de peso, color y composición química de mango Tommy y Atkins durante el almacenamiento comercial. Los tratamientos a evaluar fueron: testigo, cera fría, agua caliente y agua caliente con cera fría. Donde los tratamientos con cera

obtuvieron una menor pérdida de peso. En cambio, la combinación de hidrotermia y cera puede considerarse la más adecuada, pues además de mejorar la presencia externa del fruto (firmeza) tiende a reducir los efectos de severidad del tratamiento con agua caliente, permitiendo las ventajas de la aplicación de éste último.

1.5.4. Recubrimientos comestibles de películas mixtas.

Se han desarrollado formulaciones de cubiertas comestibles mixtas (incluyen mezclas de proteínas y/o polisacáridos y/o lípidos) que resaltan ciertas características de algunos frutos y mejoran sus características, entre ellas están: la permeabilidad de gases, las propiedades mecánicas; algunos ejemplos de películas mixtas se encuentran a continuación. En el cuadro 2 se muestran algunos de los trabajos efectuados con recubrimientos simples y mixtos con diferentes aditivos.

Tapia y col., (2007), utilizaron un recubrimiento del 2% alginato o 0.5% gelana empleando aditivos como: el ácido ascórbico al 2% con glicerol al 1% o 1% ácido ascórbico con 1% de glicerol en trozos de papaya fresca. Vieron que el recubrimiento en papaya favoreció la firmeza en comparación con el control. Además, la adición de ácido ascórbico como antioxidante en el recubrimiento ayudó a preservar su contenido de ácido ascórbico natural, ayudando a mantener su calidad alimenticia durante el almacenamiento.

Xu y col., (2001), obtuvieron una película comestible integrada por el aislado de la proteína de soya (SPI), el ácido esteárico (SA) y pullulan (pul) para la preservación del kiwi. El resultado de este recubrimiento retardó el proceso de envejecimiento en el fruto extendiendo 3 veces más su vida de almacenamiento. Es decir para el día 37 el fruto con recubrimiento presentaba una pérdida de peso del 29%, mientras que el control el 100%. En el día 54 el kiwi recubierto presentó una pérdida de peso del 48%.

Cuadro 2. Algunos recubrimientos comestibles utilizados en frutas frescas cortadas (Rojas y col., 2007).

Tipo de fruta	Matriz del recubrimiento comestible	Plastificantes y aditivos	Función del recubrimiento comestible	Referencia
	Carragenina	Glicerol, PEG, AA, AO, AC	Extensión de la vida útil.	Lee y col., 2003; Park, 1999
	Alginato, gelana	Glicerol, aceite de girasol, N-cys	Reducción de pérdida de humedad, mantenimiento del color original.	Rojas- Graü y col., 2006
	APS + cera de abejas	Glicerol, AE	Reducción del pardeamiento enzimático.	Perez-Gago y col., 2003
	Maltodextrina + MC	Glicerol, AA, SP, CaCl ₂	Disminución de la producción de etileno y pardeamiento.	Brancoli y Barbosa-Cánovas 2000
	Quitosan + CPS	CAB	Barrera a los gases, reducción de pérdida de humedad y efecto antifúngico.	Assis y Pessoa, 2004.
Pera	MC+AE	PEG, SP, AA, CaCl ₂	Reducción del pardeamiento.	Olivas y col., 2003
Fresa	CPS + Caseína +Pectina+agar	Glicerol, CaCl ₂	Reducción del crecimiento fúngico.	Vachon y col., 2003
	Cactus- mucilagos	Glicerol	Mantenimiento de la textura, color y atributos sensoriales.	Del Valle y col., 2003
Papaya	Caseína	Cera de carnauba	Barrera a los gases, reducción de pérdida de humedad.	Guilbert, 1988
	Alginato, gelana	Glicerol, aceite de girasol, AA	Reducción de pérdida de humedad. Reducción de pérdida de AA y color.	Tapia y col., 2005
Mango	CMC	Lecitina, PEG, AC	Mantenimiento del color.	Nispero-Carriedo, 1994
	Quitosan		Reducción de pérdida de agua, mantenimiento del color y sabor original.	Chien y col., 2005

CPS: concentrado de proteínas de suero lácteo; APS: aislado de proteínas de suero lácteo; PEG: polietilenglicol; AA: ácido ascórbico; AO: ácido oxálico; AC: ácido cítrico; CMC: carboximetilcelulosa; CaCl₂: cloruro de calcio; N-cyst: N-acetilcisteína; AE: ácido esteárico; CAB: cera de abeja; MC: metilcelulosa; SP: sorbato de potasio, MGA: monoglicérido acetilado, CM: Celulosa microcristalina.

Ribeiro y col., (2007), formularon un recubrimiento para retardar la senectud de la fresas en tres lotes diferentes de los cuales fueron: almidón 2% con sorbitol 2%; 0.3% carragenina, 0.75% de glicerol con 0.02% de Tween 80; 1% quitosan con 0.1% Tween 80, además de adicionar calcio, no se obtuvo diferencia significativa en la permeabilidad del oxígeno entre las películas con y sin calcio. Determinaron los cambios de color, firmeza, pérdida de peso y carga microbiana durante 6 días de almacenamiento. No encontraron diferencia significativa en el color, y hubo una pérdida mínima de firmeza en las frutas cubiertas con cloruro de calcio y carragenina. La pérdida de masa mínima fue para los recubrimientos de quitosan y carragenina, ambas con cloruro de calcio. La carga microbiana fue reducida durante el

almacenamiento por el contenido de cloruro de calcio al 1%.

2. Desarrollo fisiológico de frutas.

La vida de las frutas puede dividirse en tres etapas fisiológicas fundamentales, subsiguientes a la germinación: el crecimiento, la maduración y la senescencia (ver figura 8). Sin embargo, no es fácil establecer una clara distinción entre ellas. El crecimiento implica la división celular y el subsiguiente crecimiento de las células, que en conjunto dan el tamaño finalmente alcanzado por el producto considerado (Burgos y col., 1999).

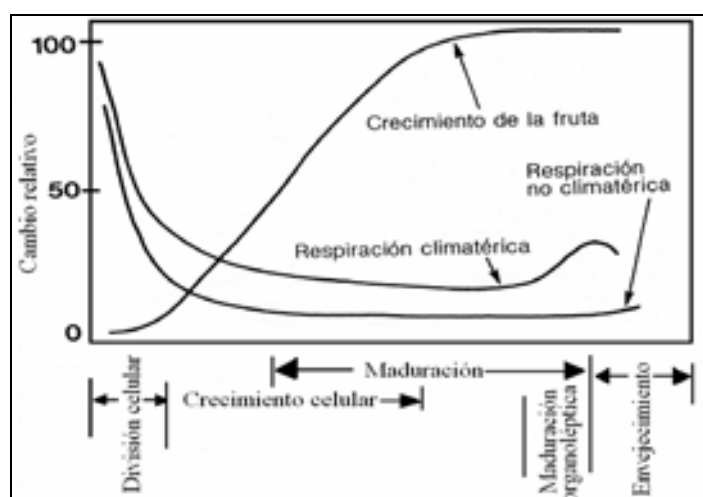


Figura 8. Cambios sufridos por la respiración y el crecimiento durante el desarrollo de la fruta (Burgos y col., 1999).

La *maduración* es el desarrollo de un conjunto complejo de transformaciones y con tiempos de ocurrencia distintos entre las diversas frutas o grupos de frutas. Durante la maduración, tienen lugar a fenómenos de ablandamiento, pérdida de astringencia, biosíntesis de compuestos responsables del aroma, cambios de coloración y conversión del almidón en azúcares. La cantidad de almidón o de ácido disponible para su conversión en azúcares ha quedado, sin embargo, determinada durante la maduración (Arthey y col., 1997). Y finalmente en la *senescencia* se define como un período durante el cual los procesos bioquímicos anabólicos (sintéticos) dan paso a los catabólicos (degenerativos), lo que conduce al envejecimiento y finalmente, a la muerte tisular (de los tejidos) (Burgos y col., 1999). Está asociada a la ausencia de actividad metabólica (De Michelis, 2006).

3. Fisiología de los productos frescos después de la cosecha.

Las plantas utilizan la energía de la luz solar que reciben sus hojas para fabricar azúcares, combinando el dióxido de carbono del aire con el agua absorbida del suelo a través de las raíces. Este proceso se conoce con el nombre de fotosíntesis. La planta almacena esos azúcares sin elaborarlos o combina las unidades de azúcar en largas cadenas para formar almidón. Los azúcares y almidones, llamados hidratos de carbono, se almacenan en diversas partes de la planta, a la que proporcionan posteriormente la energía que necesita para seguir desarrollándose y reproducirse (Bonte, 1993).

Los principales procesos fisiológicos normales que conducen al envejecimiento son la respiración y la transpiración (figura 9) (Bonte, 1993).

4. La respiración.

La respiración (ver figura 9) es una reacción básica de toda la materia vegetal tanto en las plantas como después de la cosecha. En la planta en crecimiento, el proceso se prolonga sin interrupción mientras las hojas sigan fabricando hidratos de carbono, y no puede detenerse sin dañar a la planta o al producto cosechado. Los productos cosechados no pueden seguir reponiendo los hidratos de carbono ni el agua y tampoco pueden reponer las sustancias nutritivas, por lo que la respiración utiliza sus propias reservas almacenadas como el almidón o el azúcar almacenados y se detiene cuando se agotan las reservas de esas sustancias; se inicia entonces un proceso de envejecimiento que conduce a la muerte y la putrefacción del producto.

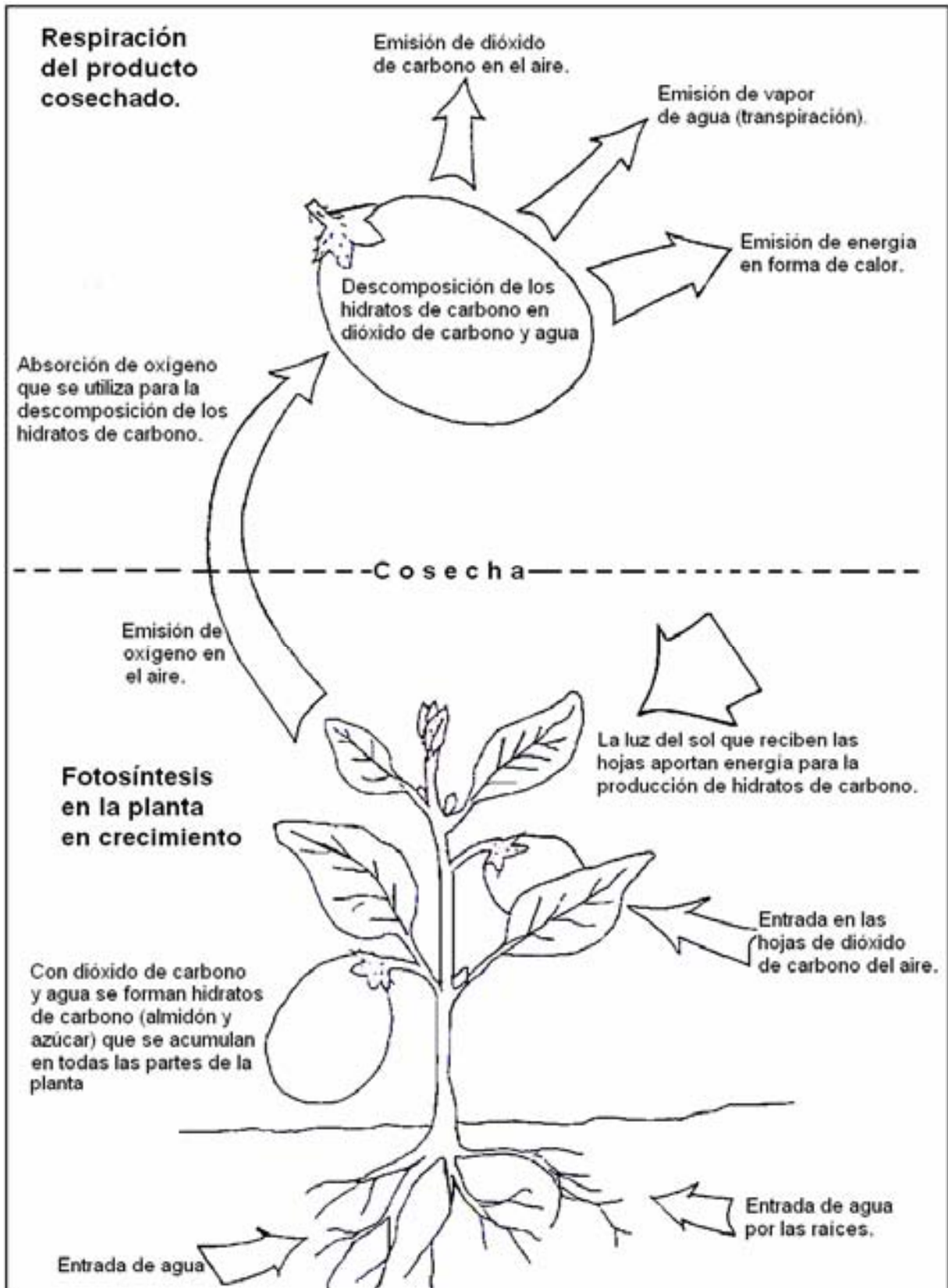


Figura 9. La fotosíntesis y la respiración (Bonte, 1993).

Después de la recolección, las frutas y las hortalizas continúan manteniendo la respiración, el proceso metabólico de captar oxígeno (O₂) y liberar dióxido de carbono (CO₂) (Vaclavik, 2002). El incremento de la respiración en el climaterio es tan característico que los frutos en general se dividen, según lo presentan o no, en frutas climatéricas o no climatéricas (ver figura 8).

Las frutas climatéricas maduras en el árbol son de mejor calidad, pero para la distribución comercial se recolectan antes, a fin de evitar pérdidas, y prolongar el período de conservación (Astiasarán, 1999). Pueden cosecharse cuando han alcanzado su pleno desarrollo pero no han empezado a madurar organolépticamente. El comienzo del proceso de maduración se acompaña de un rápido aumento de la velocidad de respiración, llamado climaterio respiratorio. Tras el climaterio, el proceso de respiración se vuelve más lento, al tiempo que el fruto madura y adquiere mayor calidad como alimento, por ejemplo: la manzana, el melón, la papaya, mango, plátano, entre otras (Bonte, 1993).

Las frutas no climatéricas, manifiestan la velocidad de respiración máxima antes de la recolección (Vaclavik, 2002). Su calidad como alimento disminuye si se recolectan antes de que maduren plenamente, pues su contenido en azúcares y en ácidos no sigue aumentando. Su ritmo de respiración va reduciéndose gradualmente durante el crecimiento y después de la cosecha. El pleno desarrollo y la maduración constituyen en ellos un proceso gradual, por ejemplo: la piña, la cereza, la uva, la zarzamora (Bonte, 1993).

En el cuadro 3 se muestra la tasa de respiración en la zarzamora cosechada en su madurez organoléptica reportada por la Universidad de California en Davis.

Cuadro 3. Tasa de respiración de la zarzamora (Internet 10).

Temperatura		Velocidad de respiración
°C	°F	mL CO ₂ /kg·h
0	32	11
10	50	31
20	68	78

4.1. Influencia de la disponibilidad de aire en la respiración.

La respiración depende de la presencia abundante de aire. El aire contiene alrededor de un 20% de oxígeno, que es esencial para el proceso normal de respiración de la planta, en el que los almidones y los azúcares se convierten en dióxido de carbono, vapor de agua y energía en forma de calor. Cuando disminuye la disponibilidad de aire y la proporción de oxígeno en el entorno se reduce alrededor del 2%, la respiración es sustituida por un proceso de fermentación que descompone los azúcares en alcohol (etanol) y dióxido de carbono, y ese alcohol hace que el producto tenga un sabor desagradable y promueve el envejecimiento prematuro (Bonte, 1993).

4.2. Transpiración o pérdida de agua.

La mayoría de los productos frescos contienen, en el momento de la cosecha, del 80 al 95% de agua. Dentro de las plantas en crecimiento existe un flujo continuo de agua. Ésta se absorbe del suelo por las raíces, sube por los tallos y se desprende por las partes aéreas, sobre todo por las hojas, como vapor de agua (Bonte, 1993).

El paso del agua a través de las plantas, propiciado por la presión existente en el interior de éstas, se denomina corriente de transpiración, y contribuye a mantener el contenido de agua de la planta.

Los productos frescos siguen perdiendo agua después de la cosecha, pero, a diferencia de las plantas en crecimiento, ya no pueden reponer el agua a partir de la tierra, y tienen que recurrir al contenido de agua que tuvieron en el momento de la recolección. Esta pérdida de agua de los productos frescos después de la cosecha constituye un grave problema, que da lugar a mermas y a pérdidas de peso.

Cuando el producto recolectado pierde de 5 al 10% de su peso original, empieza a secarse y pronto resulta desechable. Para prolongar la vida útil del producto, el nivel de pérdida de agua debe ser lo más bajo posible.

Las bayas son muy susceptibles a la pérdida de agua, lo que lleva al arrugamiento de la fruta y a su pérdida de brillo. Para minimizar la pérdida de agua, de este fruto, se debe mantener a 90 a 95% HR en el almacenamiento y en el entorno de la fruta, siempre bajo temperaturas óptimas (Internet 10).

4.3. Efecto de la humedad del aire en la pérdida de agua.

Dentro de todas las plantas existen espacios de aire para que el agua y los gases puedan atravesar todas sus partes. El aire de esos espacios contiene vapor de agua que es una combinación del agua de la corriente de transpiración y de la producida por la respiración. El vapor de agua hace presión hasta salir por los poros de la superficie de la planta. La velocidad a la que se pierde el agua de las distintas partes en la planta, depende de la diferencia entre la presión del vapor de agua en el interior de la planta y la presión del vapor de agua del aire. Para que la pérdida de agua de los productos frescos sea lo más baja posible es necesario conservarlos en ambientes húmedos (Bonte, 1993).

5. Daños causados por la temperatura.

Todos los productos frescos sufren daños cuando están expuestos a temperaturas extremas, aún cuando los niveles de tolerancia térmica difieren mucho de un producto a otro.

Algunos productos frescos sufren daños cuando se exponen a bajas temperaturas, aunque sean superiores a las de congelación (ver cuadro 4) (Bonte, 1993). El aumento de la temperatura acelera el ritmo de utilización de las reservas alimenticias del producto y la pérdida de agua. El almacenamiento a bajas temperaturas es la técnica comúnmente utilizada para disminuir la respiración y prolongar la vida del producto, al retrasar la utilización de esas reservas. Si se reduce a un nivel bajo el contenido de oxígeno de la atmósfera que rodea a una fruta o si el bióxido de carbono del aire se eleva a un nivel alto, dichas alteraciones en la atmósfera que rodea a la fruta retardará la respiración y así será más lenta la

maduración de esta fruta. La regulación de la concentración de oxígeno y de bióxido de carbono en la atmósfera del ambiente (dentro de los límites tolerables para el tejido vivo de la planta) para controlar la respiración, se emplea en la actualidad a fin de prolongar la vida en almacenamiento de ciertas frutas (Charley, 1989).

Cuadro 4. Daños causados en frutos por el frío (Bonte, 1993).

Daños causados por el frío	Síntomas
Alteración del color	Interna, externa o de ambos tipos, normalmente con tendencia al marrón o al negro.
Hoyos en la piel	Aparición de zonas hundidas, especialmente en condiciones de sequedad.
Maduración anormal (frutas)	Maduración desigual o interrumpida, sabores anómalos.
Descomposición acelerada	Actividad de microorganismos.

6. Pérdidas debidas al carácter perecedero de los productos.

6.1. Deterioro fisiológico.

Las pérdidas causadas por los cambios fisiológicos normales se intensifican cuando intervienen condiciones que aceleran el proceso natural de deterioro, como temperaturas elevadas, baja humedad atmosférica y daños físicos. Cuando el producto se expone a temperaturas extremas, a modificaciones de la composición de la atmósfera o a contaminación, sufre un deterioro fisiológico anormal, que puede causar sabores desagradables, la detención del proceso de maduración u otras modificaciones de los procesos vitales, y puede dejar de ser apto para el consumo (Bonte, 1993).

6.2. Daños mecánicos (lesiones físicas).

La manipulación negligente del producto fresco es causa de magulladuras internas que dan lugar a un deterioro fisiológico anormal o a hendiduras y grietas de la piel, que aumentan rápidamente la pérdida de agua y aceleran el proceso normal de modificaciones fisiológicas.

Las grietas en la piel también propician las infecciones por los organismos patógenos causantes de la descomposición, además de ser la causa de aumento en el ritmo de la respiración y de la producción de calor; decoloración interna como son

consecuencia de la lesión de los tejidos; sabores anómalos, como resultado de reacciones fisiológicas anormales en las partes dañadas (Bonte, 1993).

6.3. Enfermedades y plagas.

Toda materia viva está expuesta a ataques de parásitos. El producto fresco puede quedar infectado, antes o después de la cosecha, por enfermedades difundidas por el aire, el suelo y el agua. Algunas enfermedades pueden atravesar la piel intacta del producto, mientras que otras sólo pueden producir infecciones cuando ya existe una lesión. Este tipo de daños es probablemente la causa principal de pérdidas del producto fresco. Las enfermedades causadas por hongos y bacterias suelen dar lugar a pérdidas de productos frescos (Bonte, 1993; Sanz y col., 2001).

7. La zarzamora.



Figura 10. La zarzamora
(Internet 11).

El nombre científico de la zarzamora es *Rubus fruticosus* y pertenece a la familia de las rosáceas. Es un fruto de pequeño tamaño, redondo o ligeramente alargado, de 1.5 a 2 centímetros. Está compuesto por pequeños glóbulos que contienen en su interior una semilla diminuta, perceptible y a veces molesta al ser consumida (ver figura 10).

Su sabor es dulce cuando está bien madura y el color de los frutos varía en su tonalidad, aunque en circunstancias normales tienden a ser de color negro brillante muy intenso. La zarzamora es una fruta climatérica y su tiempo de vida útil son aproximadamente de dos días almacenándola a una temperatura ambiente (Sánchez y col., 2004 e Internet 11).

7.1. La conservación de la zarzamora.

Las zarzamoras se pueden almacenar durante 7 a 10 días, a una temperatura de 0°C y a 80%HR. El consumidor final conservará el fruto a una temperatura de entre 3 y 8°C hasta 3 días manteniendo todas sus condiciones cualitativas y gustativas.

La mayor parte de las zarzamoras con destino agroindustrial tiene presentación en congelado, empleando el sistema IQF a una temperatura en el producto congelado de -25°C y una temperatura del equipo de -40°C, mismo que permite el uso del producto por pieza o en bloque (Castañeda y col., 2005).

El uso agroindustrial de la zarzamora, posee distintas opciones: jugos, congelados, pulpas concentradas, mermeladas, polvos deshidratados, ates, enlatados, licores, helados, postres, lácteos, dulces y últimamente en almíbar (Desrosier, 1999; Sánchez, 2004 e Internet 11).

El uso de la atmósfera modificada en el empaque y durante el transporte, con un 15 a 20% de dióxido de carbono, y un 5 a 10% de oxígeno, reduce el crecimiento de *Botrytis cinerea* (pudrición gris) y otros organismos degenerativos, reduce la tasa de respiración y el ablandamiento de zarzamoras, extendiendo así su vida postcosecha (Internet 10).

Agar y col., (1997), investigaron el efecto del contenido de vitamina C durante el almacenamiento de fresas, frambuesas, grosella negra y zarzamoras modificando la concentración de CO₂. El contenido de la vitamina C se redujo por la concentración 10-30% de CO₂ particularmente en fresas. Para la zarzamora y grosellas negras solamente hubo una moderada reducción de vitamina C. En cambio, fue casi ausente el contenido de vitamina C para las frambuesas.

Perkins y col., (2002), almacenaron zarzamoras a 2°C a condiciones normales y/o CA (15KPaCO₂, 10KPaO₂) con tres diferentes tratamientos: 3 días de almacenamiento de CA más 11 días almacenados con aire; 7 días de almacenamiento con CA más 7 días con almacenamiento con aire; 14 días de almacenamiento constante con CA. En la cual para los dos primeros tratamientos tuvieron un sabor agradable para su consumo.

Sousa y col., (2007), recubrieron zarzamoras con 100mM de CaCl₂ y 3% de pectina de bajo metoxilo para prevenir la pérdida de firmeza en zarzamoras congeladas a 2.2°C min⁻¹. No se modificó el sabor de las zarzamoras control y con recubrimiento. Este recubrimiento se vio beneficiado en la estructura de la zarzamora, siendo más resistente al congelarse obteniendo una fuerza máxima de compresión.

Piña y col., (2001), evaluaron posibles alternativas para incrementar su vida de anaquel en zarzamoras que fueron expuestas a 9 tratamientos: 3 tipos de atmósferas (aire, 5%O₂+5%CO₂ y 15%O₂+20%CO₂) y 3 tiempos de refrigeración (2, 4, 6 días) a 2°C. Tras cada período refrigerado, los frutos se expusieron por dos días al ambiente (26°C y 50–60% HR), para asemejar condiciones normales de comercialización. Los cambios en firmeza, pérdida de peso, color externo, relación °Brix–acidez y ácido ascórbico resultaron aceptables como parámetros de calidad de frutos, solo después de 2 días a 2°C más dos días al ambiente 26°C y en ambas atmósferas controladas. La pérdida de peso no influyó entre los tratamientos, no obstante se incrementaron en función del tiempo de almacenamiento, alcanzando valores entre 21.5 y 2.93% después de 6 días a 2°C más 2 días al ambiente. Se observó pérdida de firmeza respecto al valor inicial de 9.18Kg_f; sin embargo, no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Los valores de la firmeza en los tratamientos por 6 días tanto en atmósfera normal (8.44Kg_f), como en la controlada (8.47 y 9.36 Kg_f para 5%O₂+5%CO₂ y 15%O₂+20%CO₂, respectivamente) resultaron similares, lo cual pudo deberse a que los frutos presentaban altas pérdidas de humedad y baja turgencia de los tejidos. La relación °Brix–acidez no presentó diferencias significativas en relación a los valores iniciales, dado que la concentración de

azúcares, así como, la acidez titulable en postcosecha no cambian significativamente para ninguna de las condiciones de almacenamiento, aunque la tendencias a incrementarse con el almacenamiento en el caso de los azúcares, que coincide con reportes para la misma variedad donde el porcentaje de sólidos solubles (SST) y la relación de SST–acidez también se incrementó al evaluarse por 7 días de almacenamiento a 2°C y 95% HR dando como explicación a la ganancia de azúcares o por la hidrólisis de materiales de la pared celular. En cuanto al ácido ascórbico, la tendencia que tienen los frutos de zarzamoras sometidos a los diferentes tratamientos, es a disminuir su concentración a medida que se prolonga el tiempo de almacenamiento.

Kader (2001), recomienda una temperatura de 0–5°C con 90–95%HR y una atmósfera controlada de 5–10%O₂ y 15–20%CO₂ para la transportación y el almacenamiento por más de 2 semanas para la zarzamora.

7.2. Composición química y valor nutritivo.

Las zarzamoras son extremadamente ricas en vitamina E, esto las convierte en una fruta muy útil para el tratamiento y la prevención de problemas circulatorios. Son asimismo, una fuente de vitamina C, lo que junto a la vitamina E, las convierte en una fruta con poderosas propiedades antioxidantes. La zarzamora es rica en una fibra llamada pectina, fibra soluble que ayuda a reducir los niveles de colesterol en sangre. Por su alto contenido en hierro asimilable es de consumo recomendado contra la anemia (Internet 12). La composición química de 100g de zarzamora se indican en el cuadro 5 y en el cuadro 6 se muestra el valor nutritivo de la zarzamora.

Cuadro 5. Composición química de la zarzamora (Friedrich y col., 1991).

Componentes principales de 100g de porción comestible.	
Agua	84.7 g
Proteína	1.2 g
Grasa	1.0 g
Ácidos orgánicos	1.7 g
Fibra	3.2 g
Sales minerales	0.5 g
Carbohidratos de carbono	6.2 g

Cuadro 6. Valor nutritivo de la zarzamora (Friedrich y col., 1991).

5a. Sales minerales		5b. Vitaminas		5c. Lípidos	
Sodio	3 mg	Carotenos	270 µg	Ácido palmítico	75 mg
Potasio	190 mg	Vitamina E	720 µg	Ácido esteárico	Trazas
Magnesio	30 mg	Vitamina B ₁	30 µg	Ácido oleico	75 mg
Calcio	45 mg	Vitamina B ₂	40 µg	Ácido linoleico	350 mg
Manganeso	600 µg	Nicotinamida	400 µg	Ácido linolénico	300 mg
Hierro	900 µg	Ácido pantoténico	220 µg		
Cobre	140 µg	Vitamina B ₆	50 µg		
Fósforo	30 µg	Biotina	Trazas		
Yodo	Trazas	Vitamina C	17 mg		

5d. Otros componentes		5e. Hidratos de carbono		5f. Aminoácidos	
Ácido málico	900 mg	Glucosa	2.296 mg	Triptófano	10 mg
Ácido cítrico	18 mg	Fructosa	3.110 mg		
Ácido oxálico	12 mg	Sacarosa	170 mg		
Isoácidos cítrico	810 mg				

En la figura 11 se muestra una comparación de la presencia de agentes antioxidantes en diversas frutas, representando así un mayor contenido de antioxidantes en los arándanos y zarzamoras en comparación con las manzanas y peras:

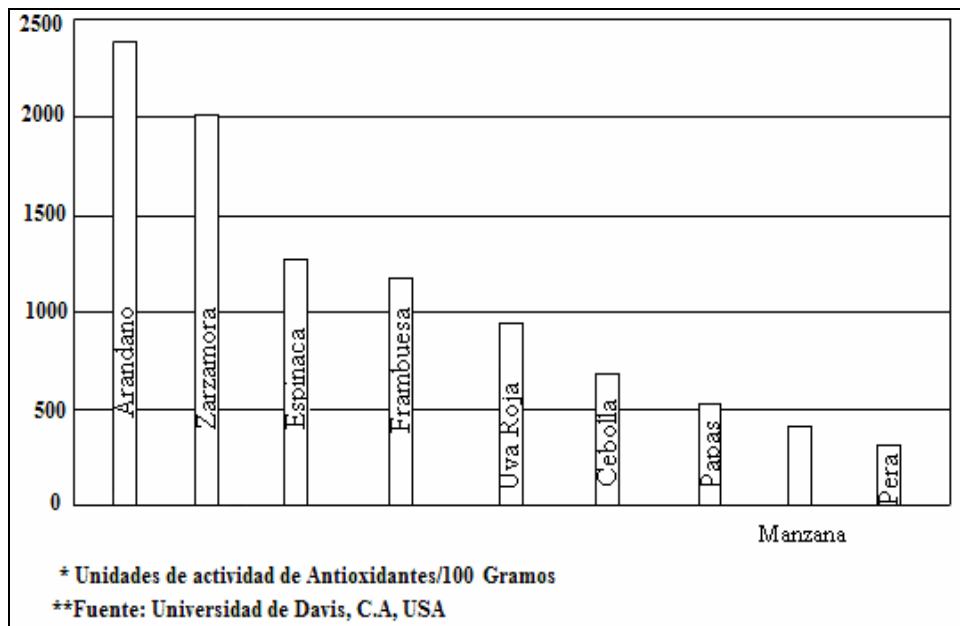


Figura 11. Comparación del contenido de antioxidantes de diversas frutas (Internet 13).

Millones de radicales libres bombardean diariamente nuestras células. El hecho de que necesiten tantos años para causar daños mayores es un tributo a la eficacia de las enzimas que produce nuestro propio organismo en la juventud para neutralizarlos. El problema para nuestro sistema se produce cuando tiene que tolerar de forma continua un exceso de radicales libres. El exceso es producido, mayormente, por contaminantes externos que penetran en nuestro cuerpo y por el propio metabolismo. La contaminación atmosférica, el humo del tabaco, los herbicidas, pesticidas o ciertas grasas, son algunos ejemplos de compuestos que generan radicales libres que ingerimos o inhalamos. Este exceso no puede ser eliminado por el cuerpo y en su labor de captación de electrones, los radicales libres dañan las membranas de nuestras células, llegando finalmente a destruir y mutar su información genética, facilitando así el camino para que se desarrollen diversos tipos de enfermedades y al envejecimiento. La acción de los radicales libres está ligada al cáncer así como al daño causado en las arterias por el colesterol "oxidado", lo que relaciona directamente estas moléculas con las enfermedades cardiovasculares (Internet 13).

Los nutrientes y antioxidantes como la vitamina C, ofrecen a los radicales libres sus propios electrones, salvando así nuestras células de sufrir daño. Los nutrientes y antioxidantes por excelencia son β -caroteno, la vitamina C, la vitamina E y el Selenio. Diversos estudios han demostrado que unos adecuados niveles de estos nutrientes en la sangre, pueden proteger contra diversos tipos de cáncer y enfermedades cardiovasculares (Internet 13).

7.3. Principales enfermedades que alteran a la zarzamora.

Las enfermedades son la causa principal de pérdidas de postcosecha en las bayas, por eso es importante tomar en cuenta lo siguiente:

- Enfriado rápido
- Almacenamiento a la temperatura más baja posible
- Evitar daños físicos en la fruta y
- Envasar bajo condiciones de alto dióxido de carbono, son los mejores métodos para

controlar las enfermedades. Adicionalmente, se debe tener cuidado de desechar cualquier fruta dañada o infectada de los envases, ya que la pudrición se puede propagar desde la fruta infectada hasta la fruta sana cercana (Internet 10).

Los hongos más comunes que alteran a las zarzamoras reportado por la Universidad de California Davis son: (Internet 11).

► Pudrición por *Botrytis* (pudrición gris), causada por *Botrytis cinerea*, es un patógeno común en la fruta. Este hongo aún sigue creciendo a 0°C (32°F), sin embargo el crecimiento a esta temperatura es muy lento.

► Pudrición por *Rhizopus* (podredumbre de transporte) es causada por el hongo *Rhizopus stolonifer*. Las esporas de este hongo, generalmente, se encuentran presentes en el aire y se propagan fácilmente. La temperatura favorable de este hongo está por encima de 20°C, ya que se propaga rápidamente. Una forma de evitar la propagación de este hongo es con temperaturas inferiores a 5°C (41°F).

7.4. La exportación de las zarzamoras.

En el cuadro 7 se presentan los principales países exportadores de frambuesas, zarzamoras, moras y moras-frambuesas reportados por INEGI en el año 2005. El principal país exportador de zarzamoras es Estados Unidos.

Cuadro 7. Países exportadores de frambuesas, zarzamoras, moras y moras-frambuesas (INEGI, 2005).

País	Exportación (Toneladas/año)	País	Exportación (Toneladas/año)
Alemania	25.58	Francia	32.49
Bélgica	24.36	Holanda	320.10
Canadá	10.92	Italia	38.35
España	96.19	Japón	1.72
Estados Unidos	14,705.92	Reino Unido	732.18
Federación Rusa	0.37	Suiza	0.50

7.5. Producción de zarzamoras en México.

En el cuadro 8 se muestran los principales estados productores de zarzamoras reportados por SAGARPA en el año 2005. En la cual el principal estado productor de México es Michoacán con 33,974.45 toneladas. Otros estados con menor producción se encuentra: el Estado de México, Nayarit y Jalisco con 1,013.25 toneladas. Y los estados de menor producción representando 147.4 toneladas se encuentra: Chiapas, Chihuahua, Colima, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Morelos y Veracruz.

Cuadro 8. Principales estados productores de zarzamoras (SAGARPA, 2005).

Estado	Producción (Tonelada)
Chiapas	1.40
Chihuahua	3.00
Colima	1.50
Distrito Federal	20.00
Guanajuato	4.50
Hidalgo	48.00
Jalisco	239.00
Estado de México	323.00
Michoacán	33,974.45
Morelos	54.00
Nayarit	451.25
Veracruz	15.00
Total	35,135.10 Toneladas

CAPITULO 2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL.

2.1. Objetivos.

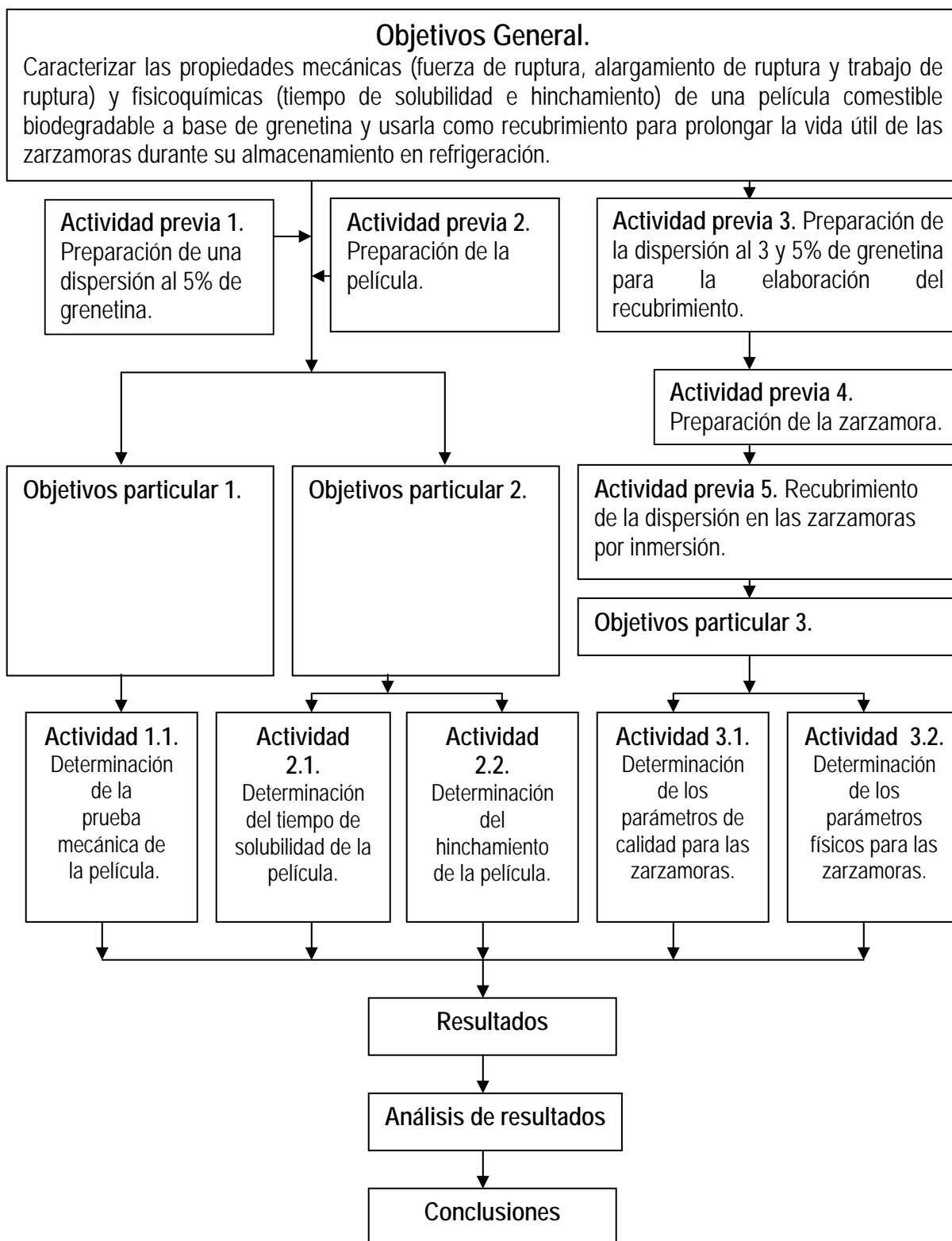
2.1.1 Objetivo general.

Caracterizar las propiedades mecánicas (fuerza de ruptura, alargamiento de ruptura y trabajo de ruptura) y fisicoquímicas (tiempo de solubilidad e hinchamiento) de una película comestible biodegradable a base de gnetina y usarla como recubrimiento para prolongar la vida útil de las zarzamoras durante su almacenamiento en refrigeración.

2.1.2. Objetivos particulares.

- Determinar las propiedades mecánicas (fuerza de ruptura, alargamiento de ruptura y trabajo de ruptura) de una película de 5% gnetina con 0.6% Tween 60, 0.3% glicerol y 0.05% ácido acético a 4 grosores diferentes (0.0127, 0.0254, 0.0508 y 0.0762mm), por medio de pruebas de resistencia a la tensión.
- Determinar las características fisicoquímicas (tiempo de solubilidad e hinchamiento) de una película comestible de 5% gnetina con 0.6% Tween 60, 0.3% glicerol y 0.05% ácido acético a 4 grosores diferentes (0.0127, 0.0254, 0.0508 y 0.0762mm), por medio del tiempo y la diferencia de peso respectivamente.
- Determinar el efecto del empleo de una película de gnetina con 0.6% Tween 60, 0.3% glicerol y 0.05% ácido acético, variando la concentración de gnetina (3 y 5%) y tiempos de inmersión (5 y 10 minutos) sobre la vida útil para los parámetros de calidad (°Brix, pH, acidez total titulable, relación °Brix/acidez) y los parámetros físicos (firmeza, color, pérdida de peso) en zarzamoras almacenadas en refrigeración.

2.2. Cuadro metodológico.



2.3. Descripción de la metodología experimental.

2.3.1. Objetivo particular 1.

2.3.1.1. Materiales.

Se utilizó grenetina tipo Wilson marca Gelita de 275°Bloom obtenida de cuero de res. El Tween 60 y el glicerol se adquirieron en la Droguería Cosmopolita, S. A. de C. V. en la sucursal de Naucalpan. El ácido acético de grado reactivo marca Merck con una pureza del 99.9% fue proporcionado por la FES C-1 del laboratorio de Ciencia Básica III.

2.3.1.2. Actividades previas

Actividad previa 1. Preparación de una dispersión al 5% de grenetina.

Se dejó hidratar la grenetina (5%) en un vaso de precipitado con 950ml de agua destilada a temperatura ambiente por 20 minutos, posteriormente se calentó en una parrilla con agitación magnética a 40°C para formar una dispersión. Una vez disuelta la grenetina se añadió cada uno de los siguientes aditivos: 0.6% Tween 60, 0.3% de glicerol y 0.05% de ácido acético, agitando la dispersión por 10 minutos por cada aditivo hasta obtener una dispersión transparente. Estos aditivos que se añadieron fueron anteriormente empleados por Flores (2005), para retardar la madurez en guayabas, permitiendo una menor pérdida de peso, mayor firmeza y disminución en la tasa de respiración y Pérez y col., (2006) utilizaron los mismos aditivos que Flores, con modificaciones para alargar la vida útil en fresa, logrando así una disminución en la pérdida de peso y en la pérdida de firmeza, permitiendo un método alternativo para preservar la calidad de esta fruta. En estos trabajos, solo se estudió el efecto de la película para alargar la vida de anaquel en el fruto, pero no se caracterizó la película, por lo tanto en este trabajo se ha retomado la caracterización del recubrimiento comestible.

Actividad previa 2. Preparación de la película.

La dispersión elaborada en la actividad previa 1 se depositó en placas de vidrio de 20cmx20cm. El grosor de las películas fue controlado variando el volumen de dispersión. Posteriormente se dejó secar a temperatura ambiente, después de 24 horas se desprendió de la superficie con una espátula. El grosor de las películas fue medido con un vernier digital de marca Starrett modelo Electronic Digital Caliper $\pm 0.03\text{mm}$. Se tomó el promedio de 8 mediciones en cada película y se descartaron todas las películas que tuvieron grosores desuniforme.

2.3.1.3. Determinación de la prueba mecánica de la película.

El método está basado por Plácido y col., (2006), Chambi y col., (2006). Las películas de diferentes grosores (0.0127, 0.0254, 0.0508 y 0.0762mm), fueron cortadas con dimensiones de 3.3cm de ancho y 10cm de largo, y se evaluaron en el texturómetro Texture Analyzer TA-XT2 (Stable Micro Systems, England) con un dispositivo de pinzas de tensión. Las pinzas superiores e inferiores se calibraron a una distancia de 50mm. La distancia de sujeción por cada pinza fue de 1.9cm por lo cual el largo de la película expuesta a la tensión fue de 6.2cm. La muestra fue estirada hasta una distancia a 10% de la longitud de la película expuesta a una velocidad de estiramiento de 0.3mm/s. De la gráfica de fuerza vs alargamiento (ver figura 12) se obtuvieron los siguientes parámetros texturales entre ellos: la fuerza de ruptura (punto **a**) la cual fue reportada como la fuerza máxima de la curva (MPa), el alargamiento a la ruptura (punto **b**) fue la distancia en la ruptura reportada como porcentaje con respecto a la longitud original y el trabajo de ruptura (punto **c**) fue calculado como el área de bajo de la curva.

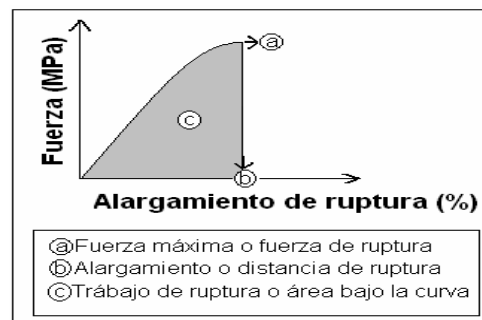


Figura 12. Fuerza vs Alargamiento de ruptura.

2.3.2. Objetivo particular 2.

2.3.2.1. Determinación del tiempo de solubilidad de la película.

Las películas de diferentes grosores (0.0127, 0.0254, 0.0508 y 0.0762mm), fueron cortadas con dimensiones de 2cmx2cm, de las cuales fueron previamente pesadas en la balanza Satorius BL310. Las películas fueron colocadas en un matraz de bola con 100ml de agua destilada a 37°C con agitación el cual se tomo el tiempo necesario con un cronómetro para que la película se solubilizce totalmente. Esta prueba se realizó por triplicado y los valores se reportaran en minutos.

2.3.2.2. Determinación del hinchamiento de la película.

Esta prueba fue determinada por el método propuesto por Plácido y col., (2006) con ligeras modificaciones. Las modificación consiste en tomar diferentes tiempos. Las películas de diferentes grosores (0.0127, 0.0254, 0.0508 y 0.0762mm), fueron cortada de 2cmx2cm de las cuales fueron previamente pesada y sumergida en un matraz de Erlenmeyer con 30ml de agua destilada a 25°C a diferentes tiempos establecidos los cuales fueron: 1, 6, 10, 30, 60, 90, 120, 180 minutos respectivamente; posteriormente las películas se filtraron con papel filtro marca Miyaco de poro mediano y posteriormente se pesaron las películas. Esta prueba se realizó por triplicado.

El hinchamiento se determinó con la siguiente fórmula:

$$H = \frac{\Delta w}{S.Si} \quad [1]$$

Donde H , es el hinchamiento

Δw , es el incremento de peso.

$S.Si$, es el peso inicial.

2.3.3. Objetivo particular 3.

2.3.3.1. Actividades previas.

Actividad previa 3. Preparación de la dispersión para la elaboración del recubrimiento.

Esta dispersión se realizó como en la actividad previa 1, solo que se varió la concentración de grenetina y la cantidad de agua destilada, según el cuadro 9.

Cuadro 9. Formulaciones que se emplearon para la conservación de zarzamoras

Tratamiento	Grenetina %	Agua destilada (ml)	Tiempo de inmersión (minutos)	Tween 60 %	Glicerol %	Ácido acético %
Zarzamora cubierta	3	970	5	0.6	0.3	0.05
	5	950	5			
	5	950	10			
Control	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Actividad previa 4. Recubrimiento de la dispersión en zarzamoras por inmersión.

2.3.3.2. Material.

Las zarzamoras que se utilizaron en la experimentación fueron cosechadas en San Mateo Atenco, (Estado de México) de la variedad Tupy con un estado de madurez aproximadamente del 20% rojo y 80% púrpura, transportadas por vía terrestre en cajas de PET al laboratorio de Físicoquímica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Las zarzamoras se lavaron por aspersion con el fin de eliminar las impurezas como tierra, y hojas principalmente, se desinfectaron con un bactericida de marca Great Value con 10 gotas por cada litro y posteriormente se eliminó el agua por escurrimiento. Se eliminaron las zarzamoras que presentaban algunos daños físicos y/o mecánicos, al mismo tiempo se seleccionaron las zarzamoras por su tamaño y forma, para contar con lotes homogéneos con el mismo desarrollo fisiológico de tal manera que se aceptaron un lote total de 436 zarzamoras. Posteriormente las zarzamoras se colocaron en unas rejillas con una corriente de aire utilizando un ventilador a una velocidad media en un tiempo aproximadamente de 15 minutos, posteriormente se formaron lotes de 109 zarzamoras para cada tratamiento y el control, colocándolas en un contenedor a base de PET.

Se aplicó el recubrimiento de las zarzamoras por inmersión; en el tiempo establecido del cuadro 9 utilizando un cronómetro. La temperatura de la dispersión fue de $27\pm 2^{\circ}\text{C}$. Las zarzamoras con recubrimiento se colocaron sobre unas rejillas para que la película no se adhiriera con la superficie, secando con una corriente de aire proporcionada con el ventilador durante 20 minutos. La velocidad del ventilador fue mínima con una temperatura de $22\pm 2^{\circ}\text{C}$. Una vez que se secó la película en las zarzamoras se colocaron en recipientes PET de dimensiones $13.4\text{cm}\times 14\text{cm}\times 8\text{cm}$ con perforaciones, para evitar la condensación, ya que ésta puede favorecer el crecimiento de microorganismos. Estas cajas fueron identificadas con la concentración de gretina empleada y su respectivo tiempo de inmersión, las cuales fueron almacenadas a 5°C en la zona media de un refrigerador casero durante un período de 12 días. Una vez almacenadas las zarzamoras se evaluaron los siguientes parámetros:

2.3.3.3. Determinación de los parámetros de calidad en el recubrimiento de las zarzamoras refrigeradas durante su almacenamiento.

2.3.3.3.1. Determinación de los sólidos solubles.

El contenido de sólidos solubles fue medido directamente mediante un refractómetro Marca ERMA Tokio Modelo No. 16438 (Erma Optical Works, Japan). Primero se calibró el equipo con agua destilada ajustando a cero % de sólidos. Posteriormente se colocó una gota del jugo extraído de la zarzamora sobre la superficie del prisma a 25°C , para medir directamente el contenido de sólidos solubles, expresado en $^{\circ}\text{Brix}$. En esta prueba se tomaron 4 repeticiones de zarzamoras diferentes por cada tratamiento para los días: 1, 5, 8, 10 y 12.

2.3.3.3.2. Determinación del pH, acidez y la relación $^{\circ}\text{Brix}/\text{acidez}$.

Para la determinación del pH, se calibró el potenciómetro Marca Corning modelo 440 digital (Corning Incorporated Science, New York) con soluciones buffer estándar de $\text{pH}=4$, $\text{pH}=7$ y $\text{pH}=10$. Se pesaron 10g de zarzamora, se homogenizaron con 100ml de agua destilada, se filtró la muestra con papel filtro y mediante la inmersión del electrodo en la muestra filtrada se obtuvo la lectura directamente del potenciómetro.

En esta prueba se tomaron 4 repeticiones de zarzamoras diferentes por cada tratamiento para los días: 1, 5, 8, 10 y 12.

Para la determinación de la acidez, se tomaron alícuotas de 20ml del filtrado haciendo una valoración con hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1N. Los resultados se expresaron en % de ácido cítrico (Lees, 1980). En esta prueba se tomaron 4 repeticiones de zarzamoras diferentes por cada tratamiento para los días: 1, 5, 8, 10 y 12.

$$\% \text{Acidez} = \left[\frac{(N) \times (V) \times (\text{Meq.Ác})}{M} \right] \times 100 \quad [2]$$

Donde N = Normalidad del NaOH = 0.105N.

V = Mililitros de NaOH gastados.

Meq.Ác = Miliequivalente del ácido cítrico = $0.007009 \text{ g m}^{-1}$.

M = Peso de muestra.

Para la relación °Brix/acidez, se reportaron los valores obtenidos como anteriormente se mencionaron de los °Brix y de la acidez para los días: 1, 5, 8, 10 y 12.

2.3.3.4. Determinación de los parámetros físicos en el recubrimiento de las zarzamoras refrigeradas durante su almacenamiento.

2.3.3.4.1. Determinación de la firmeza.

La firmeza se determinó por medio del texturómetro Texture Analyzer TA-XT2 (Stable Micro Systems, England) con un dispositivo de cilindro de acero inoxidable con diámetro de 2.94mm y 35mm de largo. Durante la prueba, el dispositivo penetró a la zarzamora 5mm a una velocidad de 2mm/s. Se obtiene una curva de Fuerza – Distancia (ver figura 13) de la cual se reportó la fuerza máxima (punto \textcircled{a}) en el punto más alto del eje de las “y” representada por la fuerza. La zona de penetración fue en la zona media entre el pedúnculo y el extremo opuesto al mismo y

entre cuatro glóbulos de la zarzamora. En esta prueba se tomaron 10 repeticiones de zarzamoras diferentes por cada tratamiento para los días: 1, 5, 8, 10 y 12.

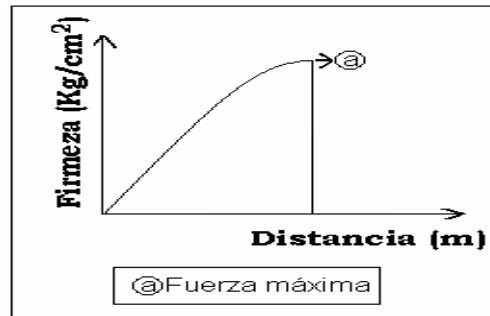


Figura 13. Fuerza vs Distancia.

2.3.3.4.2. Determinación del color.

Se tomaron por lo menos 7 zarzamoras al azar de cada tratamiento y el control para evaluar el color los días: 1, 3, 5, 8 y 10 utilizando el colorímetro Minolta modelo CR-300 (Minolta, Japan). Cada medición se tomó en la parte media de la zarzamora entre el pedúnculo y el extremo opuesto a esta, registrando los datos por el sistema Hunter Lab que representa la cromaticidad en coordenadas rectangulares “L”, “a” y “b”; donde “a” tiene valores negativos para el verde y positivos para el rojo; “b” tiene valores negativos para el azul y positivos para el amarillo; mientras que “L” representa la *luminosidad* desde reflexión nula (L=0) a reflexión difusa (L=100).

El tono (h° =ángulo de Hue) se calculó como:

$$h^\circ = \arctan \left[\frac{b}{a} \right] \quad [3]$$

donde 0° = rojo-púrpura, 90° = amarillo, 180° = azul-verde y 270° = azul.

El *croma* (C), que indica la intensidad de color o saturación de color se calculó como

(Gilabert, 2002):

$$C = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad [4]$$

Se calculó también la diferencia de color (ΔE_{CIE}), de cada lote con respecto al color del lote control en el primer día de tratamiento de la siguiente manera (Gilabert, 2002):

$$\Delta E_{CIE} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad [5]$$

Donde:

$$\Delta L^* = L_2^* - L_1^* = L_{\text{referencia}}^* - L_{\text{ensayo}}^*$$

$$\Delta a^* = a_2^* - a_1^* = a_{\text{referencia}}^* - a_{\text{ensayo}}^*$$

$$\Delta b^* = b_2^* - b_1^* = b_{\text{referencia}}^* - b_{\text{ensayo}}^*$$

2.3.3.4.3. Determinación de la pérdida de peso.

Para cada tratamiento y el control, se reservó un lote de 9 zarzamoras separadas en 3 grupos de 3 zarzamoras. La pérdida de peso para cada grupo se registró durante el tiempo de almacenamiento los días; 1, 5, 8, 10, 12 utilizando una balanza Sartorius modelo BL310 (Sartorius A. G. Gottingen, Germany). El resultado se expresó como % de pérdida de peso durante el almacenamiento calculado con la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdida de peso \%} = \left[\frac{P_o - P_f}{P_o} \right] \times 100 \quad [6]$$

donde P_o , es el peso inicial.

P_f , es el peso final.

2.3.4. Análisis estadístico.

Se realizó un análisis estadístico utilizando dos programas:

- *Minitab Release*[®] 14.5 aplicando un análisis de varianza (ANOVA). Para las pruebas mecánicas y el tiempo de solubilidad de las películas el ANOVA fue de una vía, teniendo como tratamiento el espesor de la película. Para las pruebas fisicoquímicas de hinchamiento de las películas, parámetros de calidad (°Brix, pH, acidez total titulable y la relación °Brix/acidez) y para los parámetros físicos (firmeza, diferencia de color y pérdida de peso) en el recubrimiento de la zarzamora el ANOVA fue de dos vías, teniendo como tratamiento los días de almacenamiento y el tipo de tratamiento.
- *SAS*[®] (Sistema de análisis estadístico versión 9.0) para las pruebas de comparación de medias por Tukey con una $\alpha=0.05$.

CAPITULO 3. RESULTADOS Y ANALISIS.

3.1. Determinación de la prueba mecánica de la película biodegradable comestible.

La figura 14 del efecto del grosor de la película sobre la fuerza en función del alargamiento de ruptura es representativa, en ella se puede ver que conforme aumenta el grosor de la película fue mayor la fuerza de ruptura, el alargamiento a la ruptura y el trabajo de ruptura (área bajo la curva) de la película.

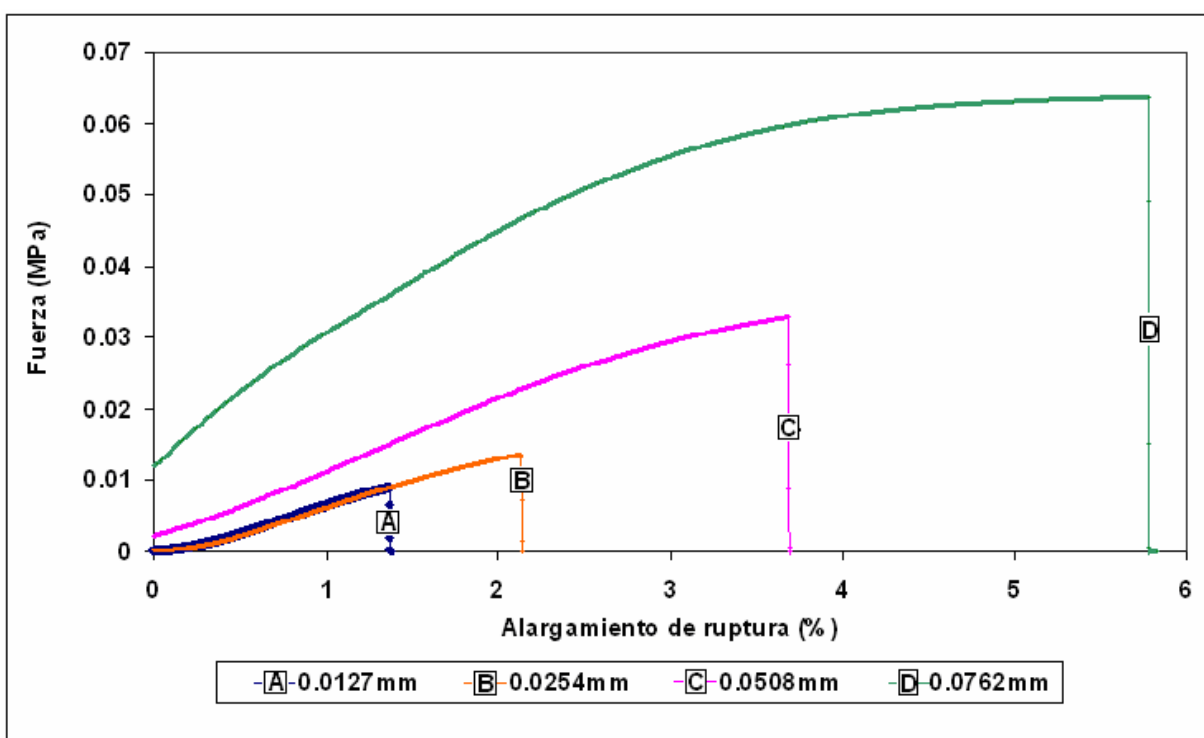


Figura 14. Efecto del grosor de la película sobre la fuerza en función del alargamiento de ruptura.

En el cuadro 10, se muestran las propiedades mecánicas con su respectiva desviación estándar para los cuatro diferentes grosores (0.0127, 0.0254, 0.0508 y 0.0762mm), en la cual se puede observar que conforme aumenta el grosor de la película de 0.0127 a 0.0762mm, la fuerza de ruptura aumenta de 0.009 a 0.065MPa, el alargamiento de ruptura se incrementa de 1.608 a 5.69% y el trabajo de ruptura aumenta de 0.021 a 0.904Nm.

Cuadro 10. Fuerza, distancia y trabajo de ruptura de las películas a diferentes espesores.

Grosor (mm)	Fuerza de ruptura (MPa)	Alargamiento de ruptura (%)	Trabajo de ruptura (Nm)
0.0127	0.009 ± 0.000	1.608 ± 0.287	0.021 ± 0.003
0.0254	0.014 ± 0.001	2.120 ± 0.091	0.049 ± 0.004
0.0508	0.033 ± 0.002	3.466 ± 0.208	0.209 ± 0.026
0.0762	0.065 ± 0.005	5.690 ± 0.410	0.904 ± 0.014

Las propiedades mecánicas dependen del tipo de material con el que se forma la película y específicamente de su cohesión estructural. La cohesión es la habilidad del polímero para formar fuertes y numerosos enlaces moleculares y/o puentes de hidrógeno entre cadenas poliméricas, de éste modo disminuyen la separación molecular y se aumenta la cohesividad. Esta habilidad depende de la estructura del polímero y especialmente del tipo de uniones que lo conforman, de las uniones que establece entre moléculas vecinas (enlaces covalentes, puentes de disulfuro, puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals), de la distribución del peso molecular, del tipo y posición de sus grupos laterales (Martín y col., 1997; Park y col., 1996 citados por Garnica, 2001).

Los resultados que se obtuvieron experimentalmente en el presente trabajo no se pudieron comparar con Plácido y col., (2006), Lee y col., (2004), Chambi y col., (2006) y Bigi y col., (2002) debido a que las condiciones experimentales fueron diferentes ya que las pruebas mecánicas pueden cambiar por el tipo de película, por la concentración, por la variación de otro polímero, por la adición de algún aditivo, por las dimensiones y condiciones de medición entre otras, por ejemplo: Bigi y col., (2002) utilizaron grenetina al 5% a una velocidad de 5mm/seg y un tamaño de película de 3mm de ancho x 30mm de largo y 0.12mm de grosor obteniendo una fuerza de ruptura de 1 ± 0.4 MPa y el alargamiento de ruptura de $211 \pm 10\%$. Y en este trabajo se empleo la grenetina al 5% con 0.6% Tween 60, 0.3% glicerol y 0.05% ácido acético a una velocidad de 0.3mm/seg con un tamaño de película de 33mm de ancho x 100mm de largo de la cual incremento las propiedades mecánicas al incrementar el grosor de la película. Por lo que es recomendable adoptar un mejor método de medición basándose en ASTM D882 fijando más condiciones para poder comparar.

El análisis estadístico de una vía arrojó que al incrementar el grosor de la película, las propiedades mecánicas (fuerza de ruptura, alargamiento de ruptura y trabajo de ruptura) se incrementaron de manera significativa ($p < 0.0001$).

3.2. Determinación de las pruebas fisicoquímicas en la película biodegradable comestible.

3.2.1. Determinación del tiempo de solubilidad.

En el cuadro 11, se muestra el promedio del tiempo de solubilidad de la película con su desviación estándar para los diferentes grosores, en el cual se puede ver que al incrementarse el grosor de la película, aumento el tiempo de solubilidad.

Cuadro 11. Valores promedios del tiempo de solubilidad a diferentes grosores.

Grosor (mm)	Tiempo de solubilidad (Minutos)
0.0127	1.33 ± 0.07
0.0254	2.20 ± 0.13
0.0508	7.48 ± 0.14
0.0762	9.42 ± 0.07

El análisis estadístico de una vía arrojó que al incrementar el grosor de la película tiene un efecto significativo en el tiempo de solubilidad ($p < 0.0001$).

3.2.2. Determinación del hinchamiento.

En la figura 15 se muestra el efecto del grosor sobre el hinchamiento de las películas en función del tiempo durante los primeros 260 minutos. Las películas de menor grosor presentaron un mayor hinchamiento. En todas las películas el máximo hinchamiento se presentó a los 60 minutos tomando valores de 13.00 ± 0.00 , 9.66 ± 0.28 , 7.55 ± 0.19 y 6.00 ± 0.00 para los diferentes grosores de películas de 0.0127, 0.0254, 0.0508 y 0.0762mm respectivamente. Esto ocurre porque la película se va hidratando debido a la plastificación de la misma por el agua absorbida (Frinault y col., 1997 citado por Garnica, 2001).

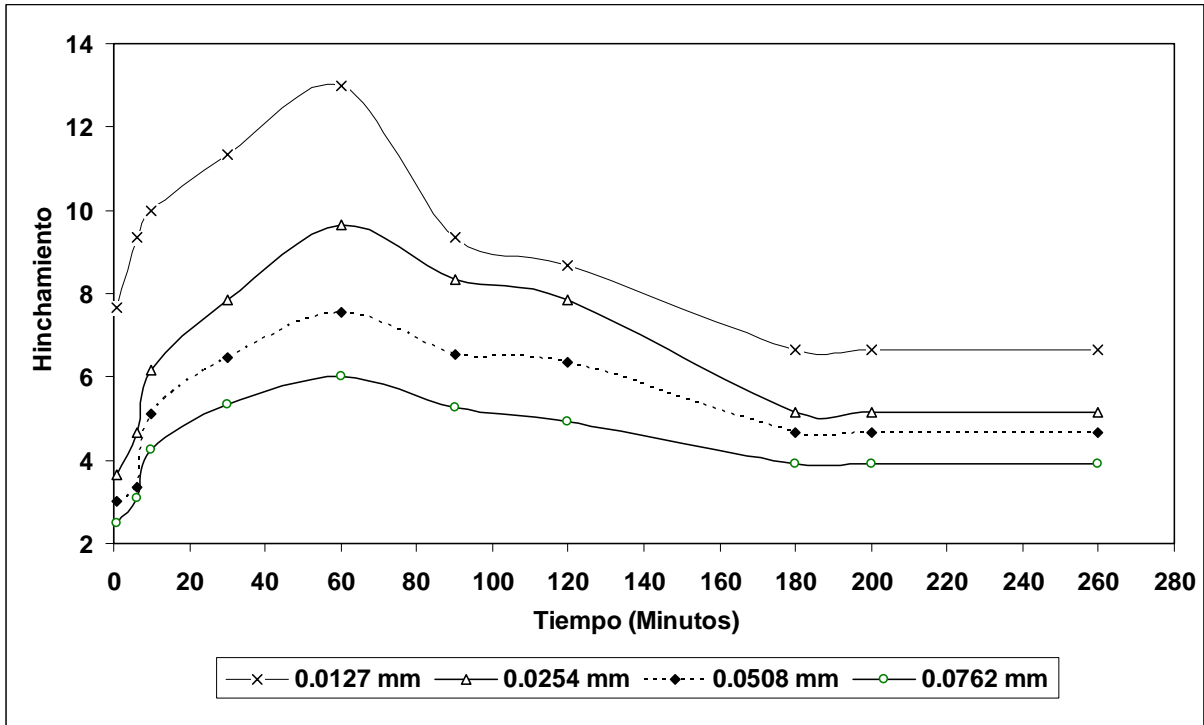


Figura 15. Efecto del grosor sobre el hinchamiento de las películas en función del tiempo.

El plastificante reduce las fuerzas intermoleculares a lo largo de la cadena polimérica. Los grupos polares (-OH) del plastificante desarrollan puentes de hidrógeno a lo largo de la cadena polimérica reemplazando las interacciones polímero-polímero. El glicerol es un plastificante de molécula pequeña e hidrofílica que puede atrapar en la matriz de la película una mayor cantidad de agua, lo que lleva a un incremento del volumen libre y al hinchamiento de la película. Esto coincide con lo reportado por McHugh y col., 1994 (citado por Garnica, 2001), en películas de suero de leche adicionadas con glicerol. Además del glicerol, esto puede deberse a que la parte polar de algunas moléculas de surfactante (Tween 60) quedaron libres, es decir, no se integraron a la molécula de la gnetina, por consiguiente, la parte polar del surfactante pudo haber interactuado con el agua provocando un hinchamiento de la película y altos niveles de difusión de agua al interior de la película. A partir de los 60 minutos, el hinchamiento disminuye debido a que una parte de la película se disuelve. Cabe mencionar que a partir de los 180 minutos la película permanece en equilibrio (ver figura 15). El análisis estadístico de

dos vía arrojó que el tiempo y el grosor de la película tuvieron efecto significativo sobre el hinchamiento ($p < 0.0001$).

Lee y col., (2004), caracterizaron las propiedades mecánicas de películas con 2% de concentración total de gelana y grenetina variando la proporción de ambos polímeros con glicerol al 1%. El hinchamiento que presentaron las películas con una concentración de 100% de gelana fue de 6%, para una proporción de 20% gelana y 80% grenetina presento un hinchamiento menor del 1%. Cabe señalar que Lee y col., (2004), no reportaron el grosor de las películas y el tiempo de hinchamiento fue solamente a 24 horas. Los resultados del hinchamiento por Lee y col., (2004), fueron menores en comparación con los resultados obtenidos en este trabajo, lo cual probablemente se deba a la concentración de la grenetina, al grosor de la película, al tiempo propuesto para determinar el hinchamiento o a sus aditivos (Tween 60 y glicerol), etcétera.

3.3. Determinación de los parámetros de calidad en el recubrimiento de las zarzamoras refrigeradas durante su almacenamiento.

3.3.1. Determinación de los cambios de los sólidos solubles.

Los ácidos orgánicos como los azúcares del fruto constituyen de forma esencial el “sabor” de los alimentos, y son responsables de los atributos “ácido” y “dulce”. Durante la maduración se aprecia un aumento del dulzor debido a la liberación de azúcares simples a partir del almidón (Romojaro, 1996).

Los ácidos orgánicos (cítrico, málico, oxálico, tartárico, etcétera) tienden a disminuir a medida que el fruto madura, por lo que la relación con los sólidos solubles tiende a aumentar. Es importante resaltar que su relación influye sobre la calidad sensorial.

En la figura 16 muestra el efecto del tratamiento sobre los °Brix de las zarzamoras durante su almacenamiento. En todos los tratamientos, los °Brix disminuyeron del día 1 al día 5, después del día 5, no se observó una tendencia clara para los tratamientos y el control. En el tratamiento de 5% de grenetina con 10 minutos de

inmersión los °Brix disminuyeron hasta el día 12 ~6.5°Brix. Para el tratamiento de 5% de grenetina con 5 minutos de inmersión los °Brix se incrementaron después del día 5 hasta el día 10, para disminuir en el día 12 con 7.25°Brix. En cambio los °Brix en el día 8 fueron muy similares para el control y el tratamiento de 3% de grenetina con 5 minutos de inmersión ~6.11°Brix para aumentar en el día 12 de ~7.5°Brix. El análisis estadístico de dos vía arrojó que el tiempo si tuvo efecto significativo en los °Brix ($p < 0.0001$), pero no hubo una diferencia significativa en el tratamiento ($p > 0.05$).

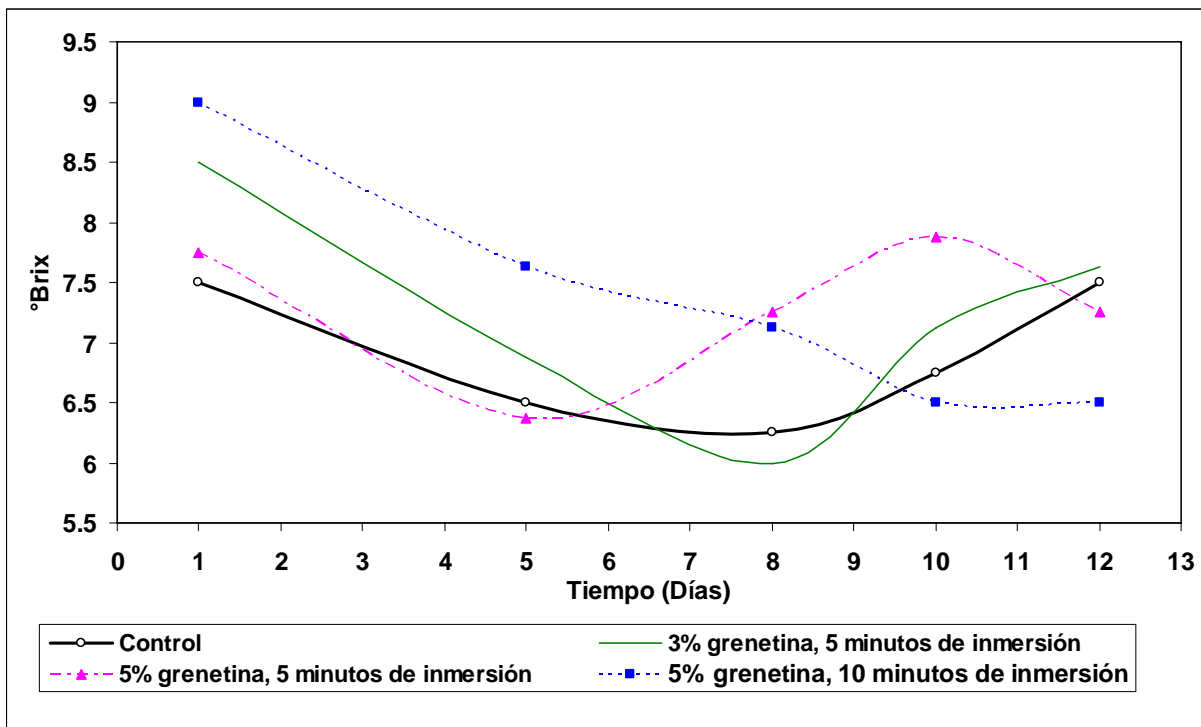


Figura 16. Efecto del tratamiento sobre los °Brix de las zarzamoras durante su almacenamiento.

Cajuste y col., (1998) cosecharon 3 variedades de zarzamoras al final de la floración en el día 37 la variedad Shawnee presentó 13°Brix, Cherokee con 11.5°Brix y Cheyenne con 11°Brix, pero no reporta la variedad Tupy que fue la que se utilizó en este trabajo, por lo que no se puede comparar los °Brix.

Existen diferentes variedades de zarzamoras en México de las cuales Andrade y col., (2008) caracterizaron 3 variedades, en el último estado de madurez; Tupy presentó mayor contenido de azúcares de 6.25°Brix, seguida por Brazos 5.3°Brix y Cherokee con 5.1°Brix, estos datos de °Brix que reporta Andrade y col., (2008) son menores en

comparación a lo que se obtuvieron en este trabajo (6.5 a 7.6°Brix solamente en el día 12). Hart y col., (1991), establece que las zarzamoras presentan de 8.2 a 19.8°Brix, cabe mencionar que no reporta alguna variedad o estado de madurez. De manera general la zarzamora para la variedad Tupy tuvo un intervalo de °Brix en este trabajo de 6 a 9°Brix durante todo el tiempo de almacenamiento (durante los primeros 12 días), de los cuales no se encuentran totalmente dentro del intervalo reportado por Hart y col., (1991).

3.3.2. Determinación de los cambios del pH.

En la figura 17 se muestra el efecto del tratamiento sobre el pH de las zarzamoras durante el tiempo de almacenamiento, en la cual se observa que para todos los tratamientos el pH se incrementó hasta el día 8, y después en unos tratamientos aumento y en otros disminuyó. Al incrementarse el tiempo de almacenamiento, el control y el tratamiento de 5% de grenetina con 5 minutos de inmersión el pH aumentó hasta el día 10, para luego disminuir el día 12 a valores similares a los del día 8. Mientras que el tratamiento de 3% de grenetina con 5 minutos de inmersión y el tratamiento de 5% de grenetina con 10 minutos de inmersión, el pH disminuyó hasta el día 10, para aumentar en el día 12. Pero al final de la experimentación en el día 12 el control y el tratamiento de 3% de grenetina con 5 minutos de inmersión tuvieron el mismo valor de pH ~3.90 y para los tratamientos de 5% de grenetina con 5 y 10 minutos de inmersión tuvieron un pH similar de ~3.7. El análisis de varianza de dos vías arrojó que tanto el tiempo de almacenamiento como el tratamiento tuvieron efecto significativo sobre el pH ($p < 0.0001$). Además que no existió diferencia significativa entre el tratamiento de 3% de grenetina con 5 minutos de inmersión y el tratamiento de 5% de grenetina con 5 minutos de inmersión ($p > 0.05$).

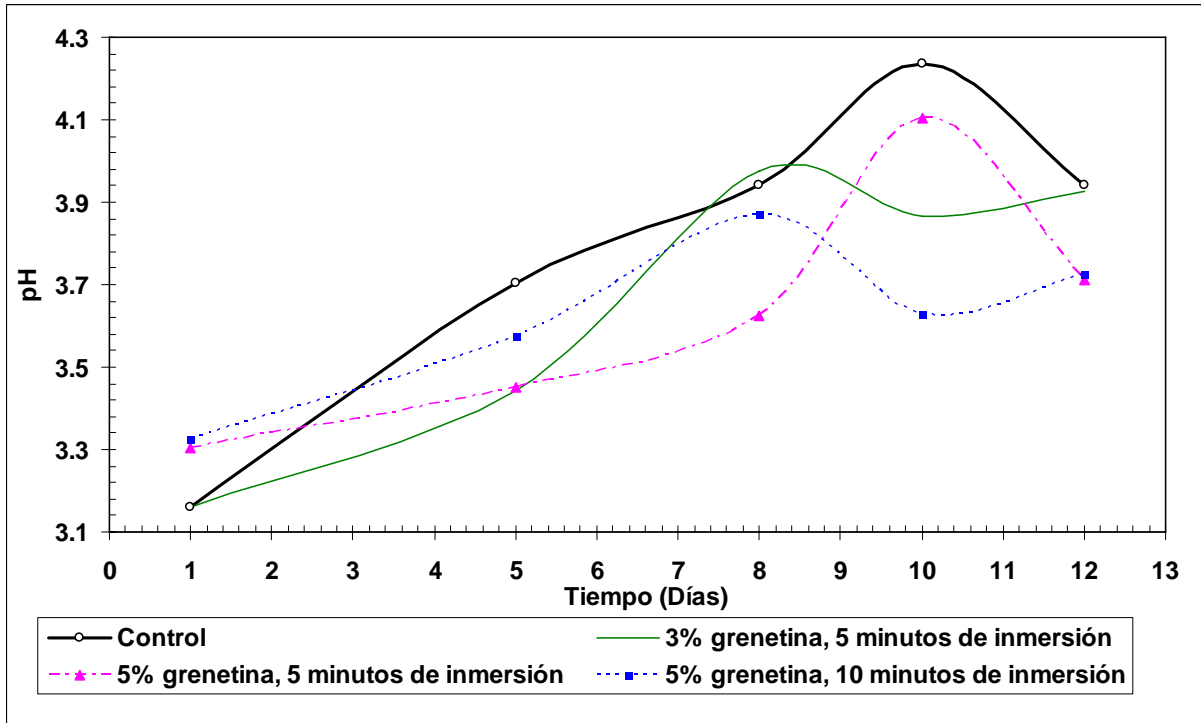


Figura 17. Efecto del tratamiento sobre el pH de las zarzamoras durante el tiempo de almacenamiento.

Andrade y col., (2008) estudiaron 3 variedades de las zarzamoras cosechadas en México (Tupy, Brazos, y Cherokee) durante 9 estados de maduración basados en la experiencia de los agricultores. A partir del estado de maduración nivel 7 al 9, el pH de la variedad Cherokee fue de 3.65 a 3.85, Brazo 3.3-3.5 de pH y la variedad Tupy presentó mayores intervalos de pH siendo de 3.7 a 4.1, esta última variedad fue la que se utilizó en este trabajo y en la cual el pH de las zarzamoras para el último día de la experimentación (día 12) fue de 3.7 a 3.9, siendo muy similar a los valores obtenidos por Andrade y col., (2008). Sanz y col., (2001), reportan que la zarzamora presenta un pH de 3.0 a 4.2. Por otra parte Studer y col., (1996), reportan el pH de 2.5 a 4.2 para el jugo de bayas. De manera general el pH durante todo el tiempo de almacenamiento (durante los primeros 12 días) en este trabajo el pH varió de 3.1 a 4.2, en la cual estos datos están dentro del intervalo que reportan Sanz y col., (2001) y Studer y col., (1996). Cabe mencionar que Sanz y col., (2001) y Studer y col., (1996) no mencionan ninguna variedad, ningún estado de madurez.

3.3.3. Determinación de los cambios de la acidez.

En general, la maduración produce un descenso de la acidez, por lo que la relación °Brix/acidez aumenta durante la maduración de la mayor parte de las frutas (Aleixandre, 1996).

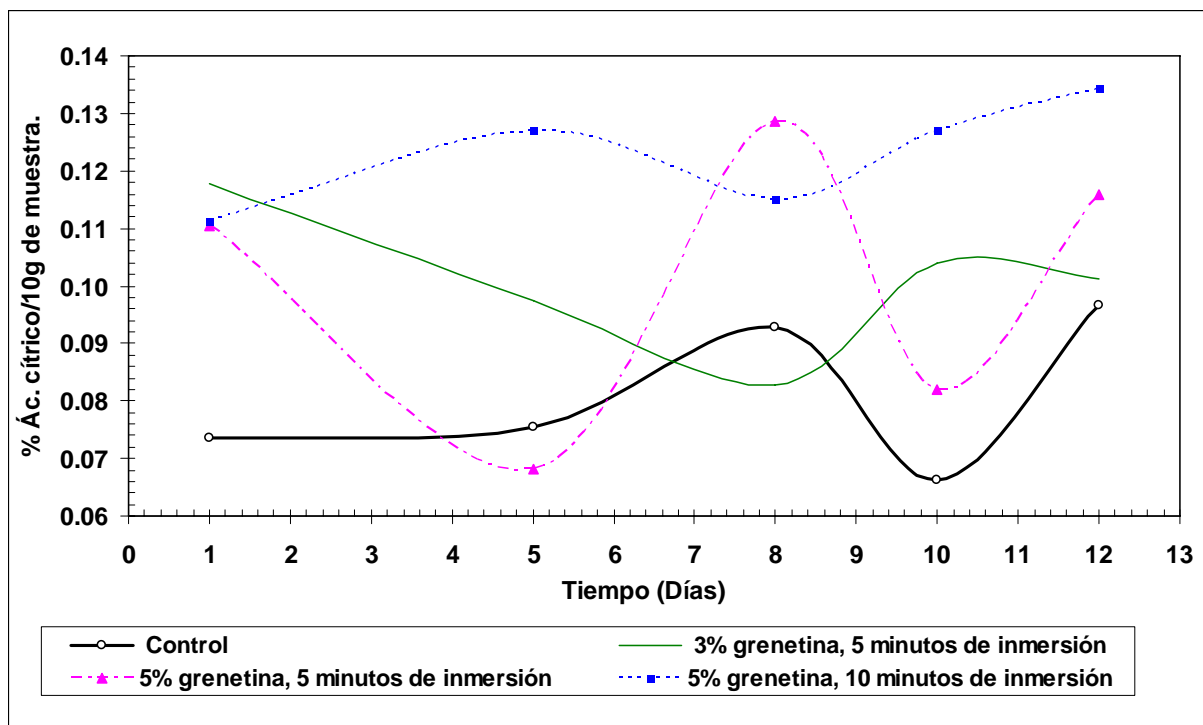


Figura 18. Efecto del tratamiento sobre la acidez de las zarzamoras durante el tiempo de almacenamiento.

En la figura 18 se muestra el efecto del tratamiento sobre la acidez de las zarzamoras durante el tiempo de almacenamiento. Todos los tratamientos presentaron mayor porcentaje de ácido cítrico con respecto al control debido al ácido acético presente en las películas. En el día 12 para el tratamiento de 5% de grenetina con 10 minutos de inmersión fue el que presentó mayor porcentaje de 0.134 ácido cítrico, posteriormente el tratamiento de 5% de grenetina con 5 minutos de 0.116%, después el tratamiento de 3% de grenetina con 5 minutos de inmersión de 0.101% y por último el control de 0.097%. Cabe mencionar que este último casi siempre fue el de que presentó menor cantidad de ácido cítrico.

El análisis de varianza de dos vías arrojó que tanto el tiempo de almacenamiento como el tratamiento tuvieron efecto significativo sobre la acidez ($p < 0.0001$). Además

que no existió diferencia significativa entre el tratamiento de 3% de grenetina con 5 minutos de inmersión y el tratamiento de 5% de grenetina con 5 minutos de inmersión ($p>0.05$).

Andrade y col., (2008) solo estudiaron 3 variedades cosechadas de México (Tupy, Brazos, y Cherokee) en 9 estados de maduración basados en la experiencia de los agricultores. En los últimos estados de maduración la variedad Brazo presentó mayor acidez de 0.1%, posteriormente Tupy de 0.09% y por último Cherokee con una acidez de 0.025%. Los valores de acidez en este trabajo para el día 12 (~0.09%) fueron similares a la variedad Tupy reportados por Andrade y col., (2008). Además Hart y col., (1991) presenta un cuadro de varios frutos en la cual la acidez generalizada de la zarzamora fue de 0.043 a 0.154%, sin mencionar variedades, ni estado de madurez. Por lo que a pesar de que hay diferencias significativas en la acidez ($p<0.0001$), en la literatura se han reportado valores similares a los que se obtuvieron experimentalmente en este trabajo durante todo el almacenamiento (durante los primeros 12 días) las zarzamoros presentaron una acidez del 0.06-0.13% de ácido cítrico.

3.3.4. Determinación de la relación °Brix/acidez (SST/AC).

Debido al alto contenido de agua en el fruto de la zarzamora, ésta tiende a ser más jugosa; dentro de jugo celular se encuentran disueltas una gran cantidad de sustancias, siendo las principales los azúcares.

En la figura 19 se muestra el efecto del tratamiento sobre la relación °Brix/acidez de las zarzamoros durante el tiempo de almacenamiento. El tratamiento que tuvo menos cambios en la relación de °Brix/acidez fue el de 3% de grenetina con 5 minutos de inmersión. En el día 12 de almacenamiento presentó la mayor relación el control con 7.7, después el tratamiento de 3% grenetina con 5 minutos de inmersión de 7.5, posteriormente el tratamiento de 5% grenetina con 5 minutos de inmersión de 6.2 y por último el tratamiento de 5% grenetina con 10 minutos de inmersión de 4.8. Cabe destacar que el tratamiento 5% de grenetina con 10 minutos de inmersión presentó

menor relación de °Brix/acidez durante el almacenamiento de zarzamoras principalmente los últimos dos días, debido a que los °Brix contenidos en la zarzamora fueron menores. El análisis estadístico de dos vía mostró que tanto el tiempo de almacenamiento y el tratamiento tuvieron influencia significativa en la relación de °Brix/acidez ($p < 0.0001$). Además no hubo diferencia estadística entre el tratamiento de 3% de gnetina con 5 minutos de inmersión y el tratamiento de 5% de gnetina con 5 minutos de inmersión ($p > 0.05$).

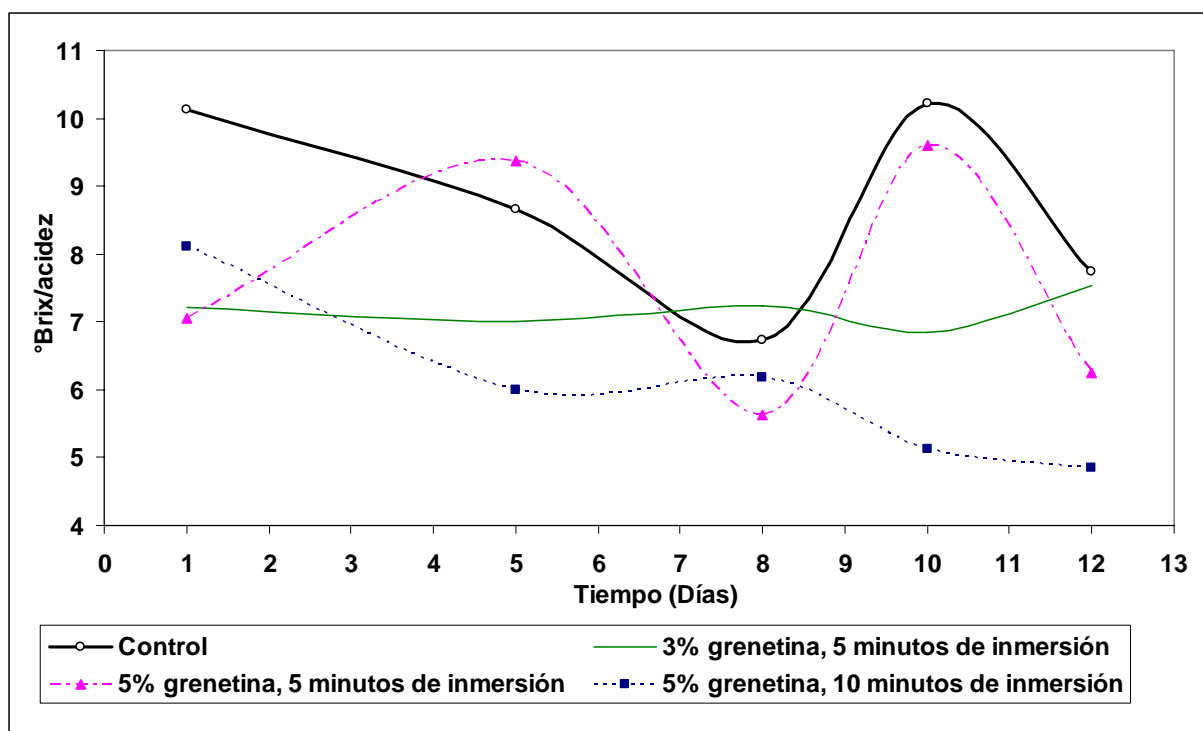


Figura 19. Efecto del tratamiento sobre la relación °Brix/acidez de la zarzamora durante el tiempo de almacenamiento.

Cajuste y col., (1998) cosecharon 3 variedades de zarzamoras (Shawnee, Cheyenne y Cherokee) en el día 37 de floración obtuvieron una relación de 4.88, 3.8 y 2.77 respectivamente, estos valores no se pueden comparar con este trabajo ya que utilizaron otra variedad diferente a este trabajo. Por otra parte Green, (1971) (citados por Cajuste, 1998), reporta relaciones de °Brix/acidez para la zarzamora desde 2.8 a 7.1, cabe resaltar que no menciona ninguna variedad, ni el estado de madurez. Los valores obtenidos de la relación °Brix/acidez en este trabajo en el día 12 no estuvieron dentro del intervalo reportado por Green (1971), siendo entre 4.85 a 7.73, pero también el intervalo que presenta Green (1971) fueron diferentes a

los que se obtuvieron en este trabajo durante todo el tiempo de almacenamiento (durante los primeros 12 días) fue desde 10.22 a 4.85.

3.4. Determinación de los parámetros físicos en el recubrimiento de las zarzamoras refrigeradas durante su almacenamiento.

3.4.1. Determinación de los cambios de la firmeza.

La firmeza de los frutos es uno de los factores de calidad más estudiados, al ser uno de los más conocidos y responsables de pronunciados cambios asociados a la maduración. El conjunto de sustancias responsables de la firmeza de los frutos (pectina, celulosa, hemicelulosa, lignina, proteínas, etcétera) en la fase de crecimiento sufre modificaciones de los tejidos y a su comestibilidad (Romojaro y col., 1996).

Las frutas contienen un gran porcentaje de agua, lo que proporciona turgencia al material vegetal. La presión de turgencia es la presión que las vacuolas llenas de agua ejercen sobre el citoplasma y la pared celular parcialmente elástica. Una pérdida de la presión de turgencia da como resultado un producto flácido, a medida que se pierde agua al aire y se produce la deshidratación (Vaclavik, 2002).

En la figura 20 se muestra el efecto del tratamiento sobre la firmeza de las zarzamoras durante el tiempo de almacenamiento. De manera general la firmeza aumentó durante el tiempo de almacenamiento, en particular, para las zarzamoras con recubrimiento. El incremento de firmeza fue mucho menor en el control, en el que inclusive disminuyó después del día 8. El análisis estadístico de dos vías mostró que tanto el tiempo de almacenamiento y el tratamiento tuvieron influencia significativa en la firmeza ($p < 0.0001$). Debido a que el tratamiento de 5% de grenetina con 10 minutos de inmersión presentaba un mayor grosor con respecto al recubrimiento, al deshidratarse este se iba endureciendo durante el transcurso del tiempo de almacenamiento, por lo tanto presentó una mayor firmeza.

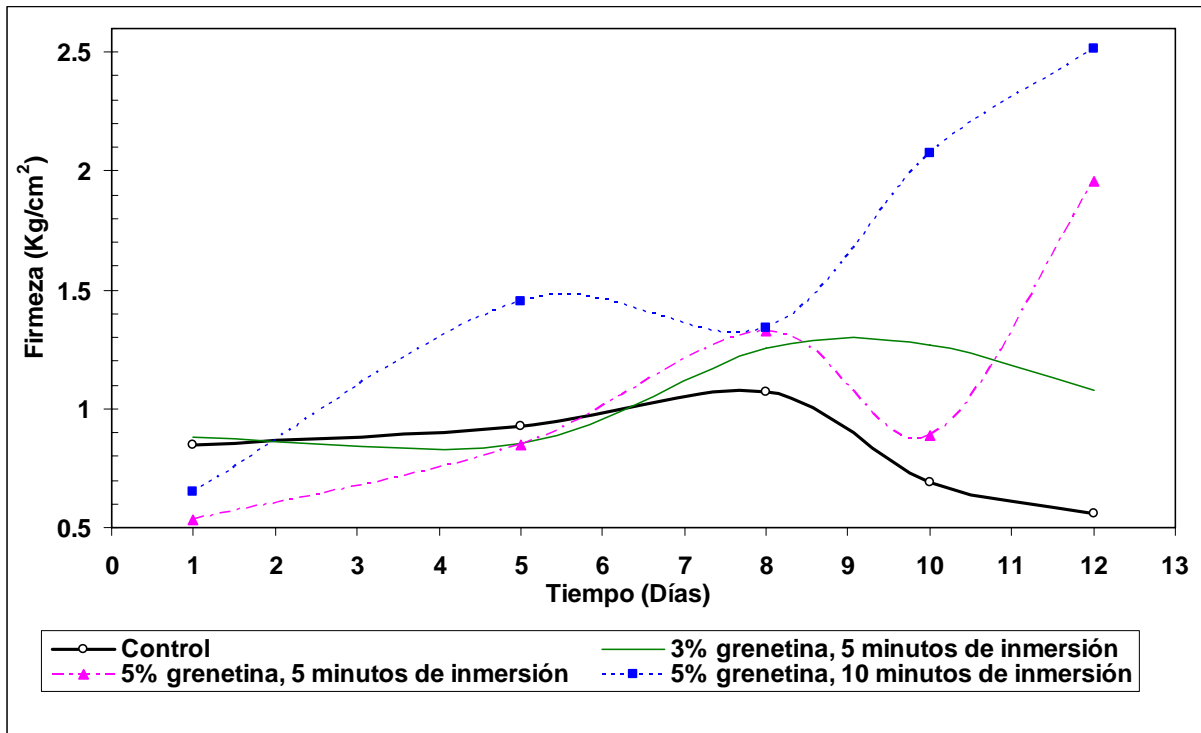


Figura 20. Efecto del tratamiento sobre la firmeza de las zarzamoras durante el tiempo de almacenamiento.

Andrade y col., (2008) evaluaron la textura (fuerza al corte) de 3 variedades de zarzamora cosechadas en México (Brazo, Cherokee y Tupy), estos frutos se analizaron con un texturometro TA.XTPlus con un dispositivo de aguja obteniendo una fuerza máxima para Brazos de 0.22N, para Cherokee 0.26N y para Tupy 0.42N. Estos datos no pueden ser comparados con los que se reportan en este trabajo debido a que no menciona las condiciones de prueba y las ondas utilizadas fueron diferentes, por ejemplo, para la variedad Tupy reportado por Andrade y col., utilizaron diferentes sondas entre ellas: la sonda esférica P1S obtuvieron una firmeza de 2.32N, para la sonda esférica P0.25 la firmeza fue de 1.2N y para la sonda de plato P100 la firmeza fue de 2.94 N.

3.4.2. Determinación de los cambios en el color.

Uno de los aspectos que juega un papel importante en la calidad y que a su vez capta la atención del consumidor, permitiendo que el producto sea apetecible o no, lo constituye la apariencia, la que es evaluada en primera instancia por el color (Ryall y

Pentzer, (1974) citado por Cajuste y col., 1998). Los antocianinos presentes en la zarzamora son: cianidina-3-glucósido y cianidina-3-rutinósido, quienes son los que dan color rojo, azul o violeta del fruto (Belitz y col., 1997).

En la figura 21a se muestran los valores de luminosidad de las zarzamoras control y los diferentes recubrimientos durante el almacenamiento. El grupo control y el tratamiento de 3% de grenetina con 5 minutos de inmersión mostraron luminosidad muy similar y menor a los tratamientos de 5% de grenetina con 5 y 10 minutos de inmersión. Con respecto al tono (figura 21b), éste disminuyó en todos los tratamientos durante el almacenamiento, tendiendo más hacia el púrpura. El control y el tratamiento de 3% de grenetina con 5 minutos, mostraron un comportamiento muy similar, como en el caso de luminosidad. El tratamiento de 5% de grenetina con 5 minutos de inmersión presentó mayor tono. El croma o saturación (figura 21c) aumentó durante el almacenamiento nuevamente el control y el tratamiento de 3% de grenetina con 5 minutos mostraron una tendencia similar. El tratamiento de 5% de grenetina con 10 minutos de inmersión presentó mayor saturación de color.

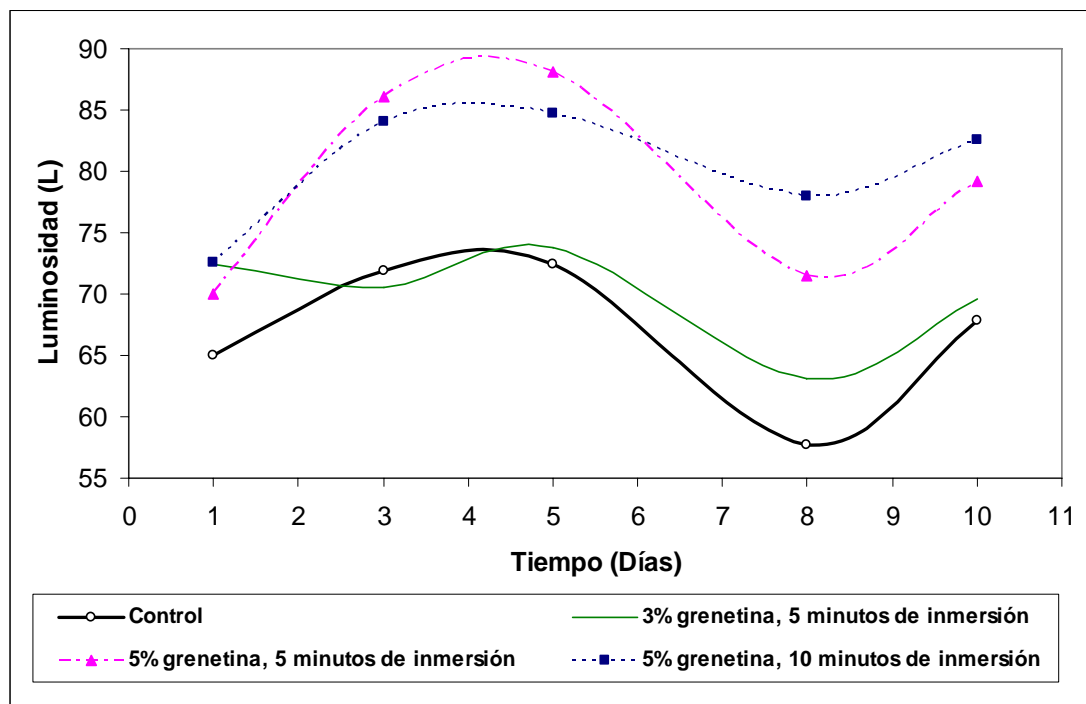


Figura 21a. Efecto del tratamiento sobre la luminosidad de las zarzamoras durante el tiempo de almacenamiento.

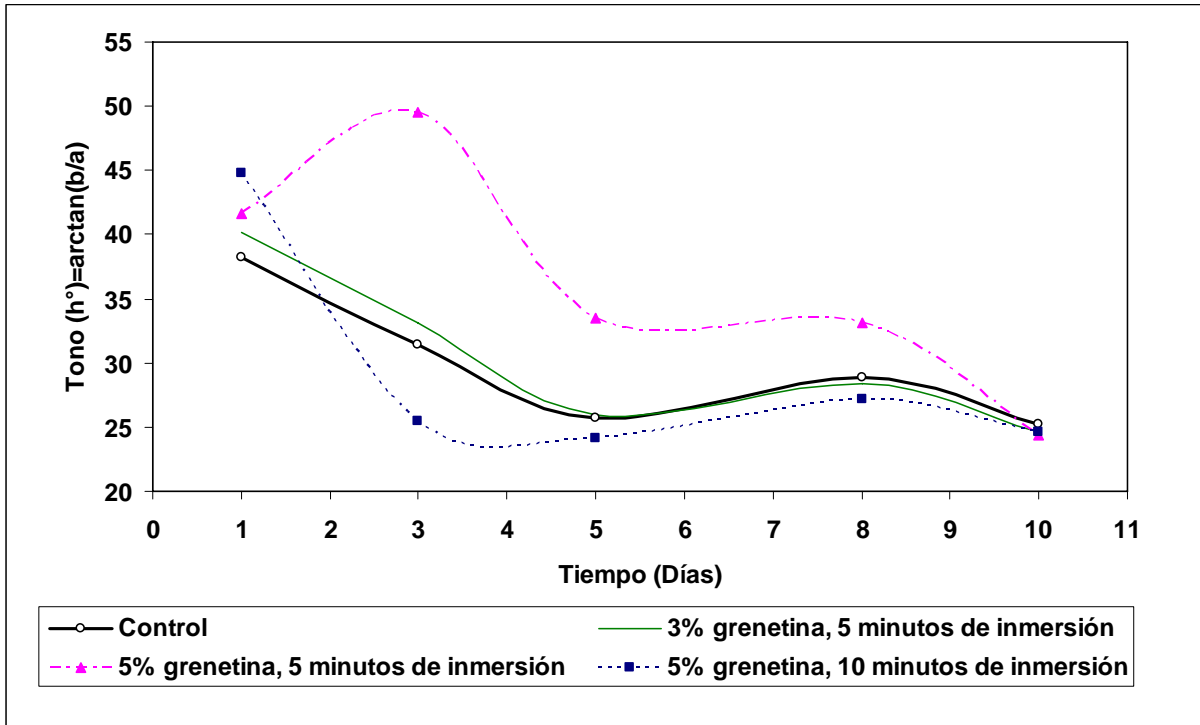


Figura 21b. Efecto del tratamiento sobre el tono de las zarzamoras durante el tiempo de almacenamiento.

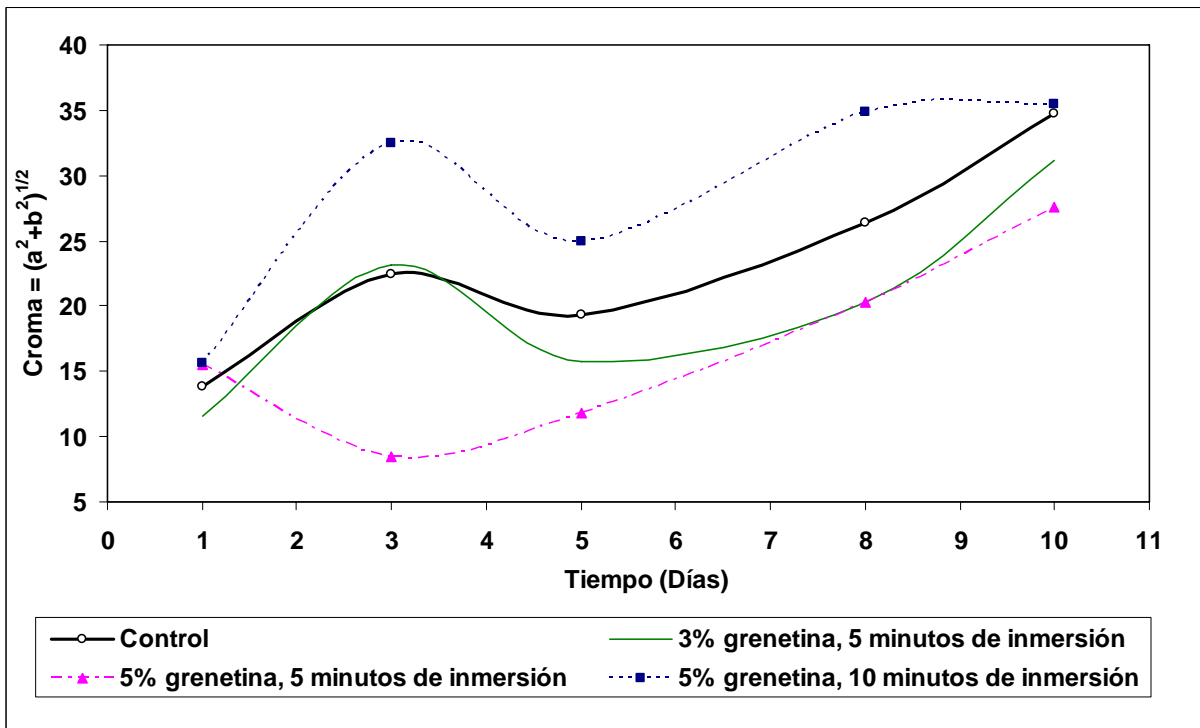


Figura 21c. Efecto del tratamiento sobre el croma o saturación de las zarzamoras durante el tiempo de almacenamiento.

La similitud del tratamiento de 3% de grenetina con 5 minutos de inmersión y el control se debe, a que el tratamiento se realizó a una baja concentración de grenetina por lo que no formaba un gel rígido, el grosor del recubrimiento era muy delgado, y este se iba deshidratando conforme transcurría el tiempo de almacenamiento.

Debido a la diferencia de color existente entre las zarzamoras se calculo la diferencia de color, teniendo como testigo el primer día del control (zarzamora fresca). El valor de ΔE^* define la magnitud de la diferencia de color existente entre las dos muestras, pero no da ninguna información del tipo de diferencia. Este se puede expresar como un valor numérico sencillo, pero no en qué sentido son diferentes los colores.

ΔE^*_{ab} se define mediante la siguiente ecuación: $\Delta E^*_{ab} = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}$ (Gilabert, 2002; Internet 14).

En la figura 21d se muestra el efecto del tratamiento sobre la diferencia de color de las zarzamoras durante el tiempo de almacenamiento en relación al color del control en el primer día de la experimentación de la cual se puede observar que los tratamientos con mayor concentración de grenetina y mayor tiempo de inmersión, presentaron una mayor diferencia de color.

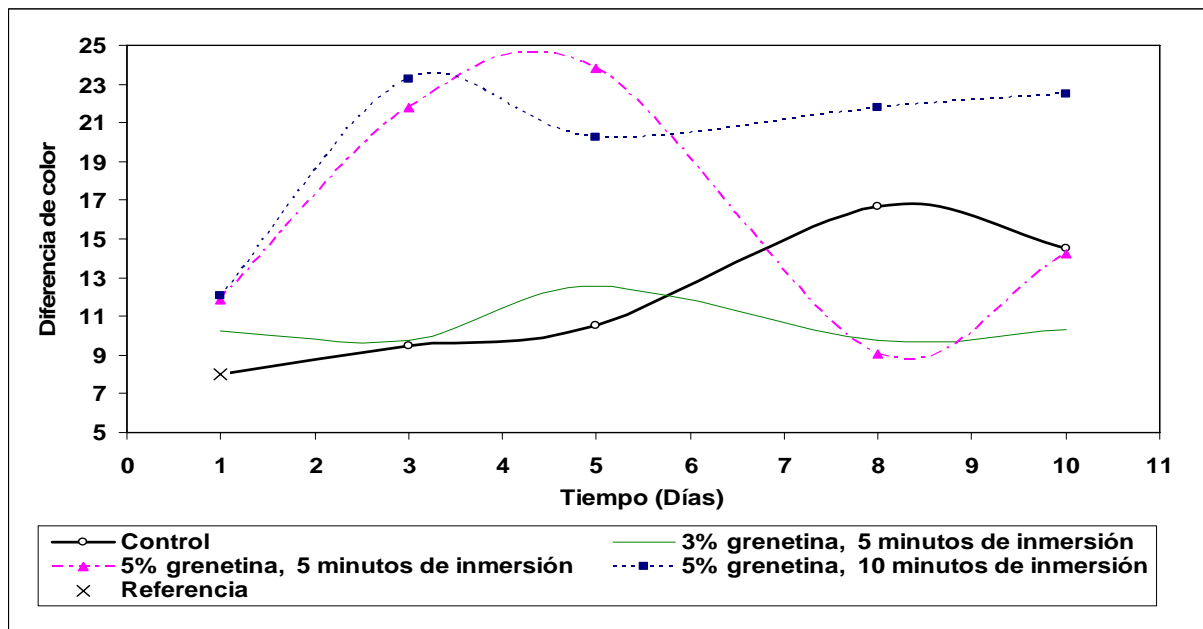


Figura 21d. Efecto del tratamiento sobre la diferencia de color de las zarzamoras durante el tiempo de almacenamiento.

El análisis estadístico de dos vías arrojó que tanto el tiempo de almacenamiento, y el tratamiento presentaron diferencia significativa en relación a la diferencia de color ($p < 0.0001$). Además de que el control y el tratamiento de 3% de gnetina con 5 minutos de inmersión no presentaron una diferencia significativa en el tiempo de almacenamiento ($p > 0.05$), ni en el tratamiento ($p > 0.05$), pero fueron diferentes estadísticamente ($p < 0.0001$) a los demás tratamientos (5% de gnetina con 5 y 10 minutos de inmersión).

3.4.3. Determinación de los cambios en la pérdida de peso.

Las pérdidas de agua representan un descenso del peso y por tanto una disminución de su valor en el mercado. Se ha visto que los recubrimientos evitan la pérdida de peso, reducen el ritmo de marchitamiento y mejoran el aspecto que ofrecen al consumidor.

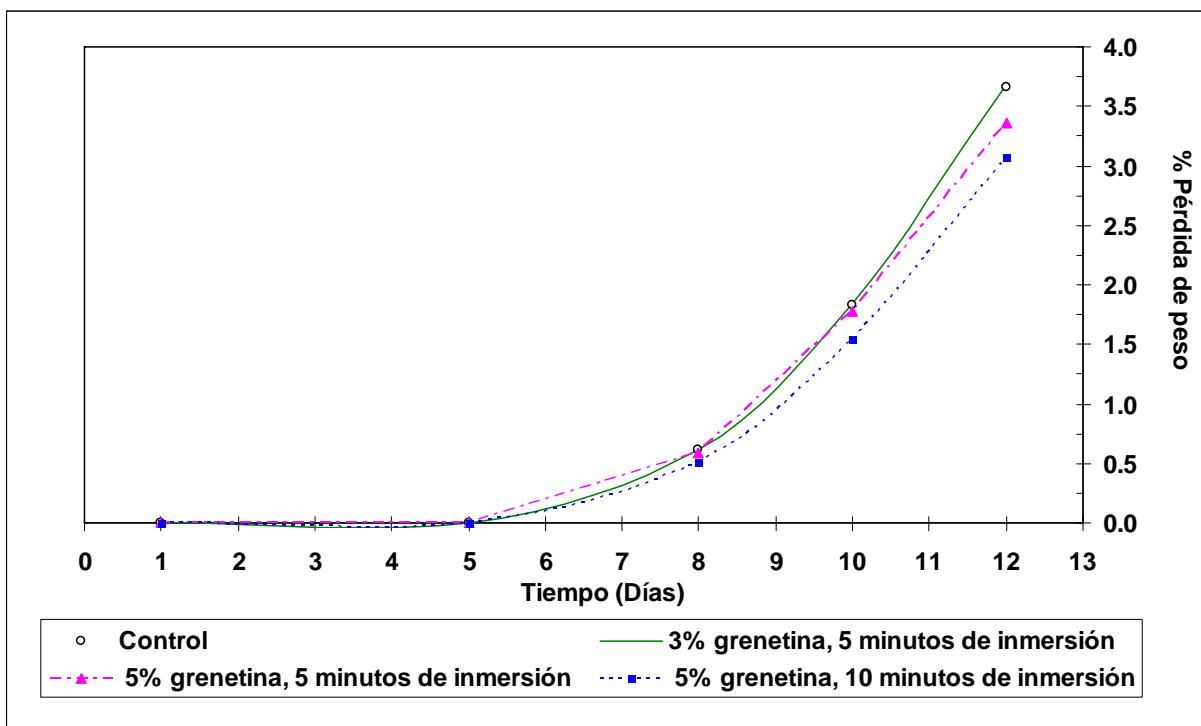


Figura 22. Efecto del tratamiento sobre la pérdida de peso de las zaramoras durante el tiempo de almacenamiento.

En la figura 22 se muestra el efecto del tratamiento sobre la pérdida de peso de las zarzamoras durante el tiempo de almacenamiento, en la cual se observa que no hay pérdida de peso en el día 1 y 5. Durante el tiempo de almacenamiento el control y el tratamiento de 3% de grenetina con 5 minutos de inmersión se comportaron muy similar presentando una mayor pérdida de peso en comparación con los demás tratamientos, debido a que el tratamiento de 3% de grenetina con 5 minutos de inmersión su grosor del recubrimiento era muy delgado, y se fue deshidratando la película, presentando la misma apariencia que el control. En cambio a partir del día 10 el tratamiento de 5% de grenetina con 5 minutos de inmersión tiende a disminuir ligeramente la pérdida de peso en comparación con el control y el recubrimiento de 3% de grenetina con 5 minutos de inmersión, con excepción del tratamiento de 5% de grenetina con 10 minutos de inmersión. En el tratamiento del 5% de grenetina con 10 minutos de inmersión su recubrimiento inicial presentaba una exageración de la película, debido al tiempo de inmersión, pero con el tiempo de almacenamiento se deshidrataba el recubrimiento haciéndolo de menor grosor, esto permitió tener menor pérdida de peso. Aunque estadísticamente no hay diferencia significativa en los tratamientos ($p > 0.05$), pero si hubo diferencia estadísticamente en el tiempo de almacenamiento ($p < 0.0001$).

CONCLUSIONES

Con respecto a las propiedades mecánicas y fisicoquímicas de las películas con 5% de grenetina se observa que el grosor de la película influyó estadísticamente, ya que al incrementarse estos mismos grosores aumenta la fuerza de ruptura, el alargamiento a la ruptura y el trabajo de ruptura, además de que requiere mayor tiempo de solubilidad y presentó un menor hinchamiento.

En el recubrimiento de la zarzamora conforme aumentaba la concentración de la grenetina y el tiempo de inmersión durante el tiempo de almacenamiento aumentaba la firmeza en este fruto, haciendo que su textura no sea tan blanda, evitando lesiones físicas, que puedan tener como consecuencia, pérdida de líquido o contaminación microbiana. El aumentar la firmeza en el fruto nos da la posibilidad de poder transportar a consumidores de mayor distancia o incluso exportar a otros países.

El tratamiento de 3% de grenetina con 5 minutos de inmersión fue el que conservó la menor diferencia de color, la misma pérdida de peso, con excepción que este tratamiento le proporciono aun mayor firmeza con respecto a la zarzamora fresca, pero el recubrimiento se fue perdiendo durante el almacenamiento.

El tratamiento de 5% de grenetina con 10 minutos de inmersión existió mayor diferencia de color, mayor firmeza y menor pérdida de peso aunque este último parámetro no fue estadísticamente significativo con respecto a los demás tratamientos y el control, pero no presento buen aspecto visual por el exceso del recubrimiento debido al tiempo de inmersión.

En cambio el tratamiento de 5% de grenetina con 5 minutos de inmersión conservó una menor pérdida de peso con excepción al tratamiento de 5% de grenetina con 10 minutos de inmersión, aunque este no fue estadísticamente significativo, pero el recubrimiento le proporciono firmeza a la zarzamora, le proporciono brillo durante su almacenamiento y el recubrimiento le daba un buen aspecto visual, es por eso que este tratamiento es el más recomendable.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Agar T., Streif J. y Bangerth F. (1997). **Effect of high CO₂ and controlled atmosphere (CA) on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits**, Postharvest biology and technology, 11(1), Mayo, pp. 47-55.
- 2) Alexandre B. J. L. (1996). **Procesos de elaboración de alimentos**. Universidad politécnica de valencia escuela técnica superior de ingenieros agrónomos. Departamento de tecnología de alimentos, 1ra ed., 43, p. 80-87.
- 3) Andrade E. S., Morales G. J., Ortiz C. A. L., Rodríguez G. M. V., Ronquillo V. A., Sánchez S. A. C., Rodríguez D. A. R., Guzmán M. S. H., Mendoza L. M. R. y Hernández L. D., Instituto de Celaya “**Análisis de las propiedades fisicoquímicas de la zarzamora en las variedades Brazos, Cherokee y Tupy de la zona alta de Michoacán**” [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web: <<http://www.eventosfcqujed.org/memorias2008/Documentos%20PDF/A027.pdf>>
- 4) Andrade E. S., Morales G. J., Ortiz C. A. L., Rodríguez G. M. V., Ronquillo V. A., Sánchez S. A. C., Rodríguez D. A. R., Guzmán M. S. H., Mendoza L. M. R. y Hernández L. D., Instituto de Celaya “**Propiedades Biomécanicas de la zarzamora en las variedades Brazos, Cherokee y Tupy de la zona alta de Michoacán**” [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web: <<http://www.eventosfcqujed.org/memorias2008/Documentos%20PDF/A026.pdf>>
- 5) Arthey D., Ashurst P. R. (1997). **Procesado de frutas**, España, Ed. Acribia, S.A., 1ra ed., pp. 273.
- 6) Astiasarán I., (1999). **Alimentos composición y propiedades**, Ed. McGraw Hill Interamericana, Madrid, 1ra ed., pp. 364.

- 7) Bautista B. S., Hernández L. M., Guillén S. D. y Alia T. I. (2006). **Influencia del recubrimiento con quitosan y la temperatura de almacenamiento en la calidad postcosecha y niveles de infección en la ciruela mexicana**, Rev. Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, 7(2), México, pp. 114-121.
- 8) Belitz, H. D. y Grosch. W. (1997). **Química de los alimentos**, España, Ed. Acribia S. A., 2da. ed., p. 1087.
- 9) Bigi A., Codazzi G., Panzalvota S., Roveri N. y Rubini K. (2002). **Stabilization of gelatin films by crosslinking with genipin**, Biomaterials, 23, pp. 4827-4832.
- 10) Bonte F. (1993). **Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. Manual de capacitación**, Ed. Organización de las Naciones para la Agricultura y la Alimentación, Roma, pp. 181.
- 11) Bosquez M. E. (2004). **Desarrollo de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para la conservación de Frutas**. UAM -Iztapalapa. México, p. 1-14. [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web: <www.chapingo.mx/agroind/congreso/ponencia/ponencias/Mesa%20V/>
- 12) Burgos J., Wills R., McGlasson B., Gram D. y Joyce D. (1999). **Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales**, Ed. Acribia, S. A., España, 2da edición, pp. 240.
- 13) Cajuste B. J., López L. L., Rodríguez A. J. y Reyes S. M. I., **Caracterización fisicoquímica de tres cultivares introducidos de zarzamora erecta (Rubís sp.)**, [ref. 23 de Octubre del 2008]. Disponible en Web: <http://www.avocadosource.com/Journals/CICTAMEX/CICTAMEX_1998-2001/CICTAMEX_1998-2001_PG_026-033.pdf >

- 14) Calderón A. E. (1985). **Fruticultura general el esfuerzo del hombre**, Ed. Limusa S. A., de C. V., México, 3ra. ed., pp. 194-195.
- 15) Castañeda S. E. y Oviedo H. J. (2005). **Propuesta técnica para la instalación de una planta congeladora de zarzamora (rubís spp)**, Tesis Licenciatura Ingeniería en Alimentos, FES Cuautitlán, UNAM, p. 37-38.
- 16) Çengel Y. y Boles M. (2003). **Termodinámica**, Ed. Mc Graw Hill, México, 4ta. ed., pp. 829.
- 17) Chambi H. y Grosso C. (2006). **Edible films produced with gelatin and casein cross-linked with transglutaminase**, Food Research International, 39, pp. 458-466.
- 18) Charley H. (1999). **Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos**, México, Ed. Limusa, 8va. ed.
- 19) Chien P., Sheu F. y Yang F. (2005). **Effects of edible chitosan coating on quality and shelf of sliced mango fruit**, Journal of Food Engineering, 78, pp. 225-229.
- 20) Colomé E. (1998). **Tecnología de envasado de alimentos perecederos en atmósferas modificadas**, Alimentación, equipos y tecnología, 18(5), pp. 109-113.
- 21) Coronado H. M. y Vega S. (1993). **Conservación de alimentos: un texto de métodos y técnicas.**, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, 1ra. ed., p. 77-87.
- 22) De Michelis A. (2006). **Elaboración y conservación de Frutas y hortalizas**, Ed. Hemisferio Sur S. A., Argentina, 1ra. ed., pp. 391.

- 23) Del Valle J. M. y Palma M. T. (2002). **Temas en tecnología de Alimentos, Capítulo 3 preservación II atmósferas controladas y modificadas**, Ed. Alfaomega, México, 1ra. ed., 1, pp. 337.
- 24) Desrosier N. W. (1999). **Conservación de alimentos**, Ed. Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V., México, 2da. ed., pp. 468.
- 25) Evans, J. D. y Sikdar, S. K. (1990). **Biodegradable plastics: an idea whose time has come**, Chem. Tech, 20, pp 38-42.
- 26) Flores, V. M. J. (2005). **Obtención y uso de colágeno en la industria alimentaria**, Tesis Licenciatura Ingeniería en Alimentos, FES Cuautitlán, UNAM, pp. 101.
- 27) Friedrich S., Heimo S. y Garching bei M. (1991). **El pequeño Souci-Fachmann-Kraut. Tablas de composición de alimentos**, Ed. Acribia S. A., España, 1991, 1ra ed., pp. 347.
- 28) Garnica M. O. E. (2001). **Permeabilidad al vapor de agua y propiedades mecánicas de películas modificadas de quitosan**, Tesis Licenciatura Ingeniería en Alimentos, FES Cuautitlán, UNAM, pp. 139.
- 29) Gilabert P. E. G. (2002). **Medidas del color.**, Departamento de Ingeniería Textil y Papelera. Escuela Politécnico Superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia, Ed. U.P.V., 1ra. ed., pp 541.
- 30) Hart F. L. y Fisher H. J. (1991). **Análisis moderno de los alimentos**, Ed. Acribia, España, 1ra. ed., pp. 619.
- 31) Herrero A. y Guardia J. (1992). **Conservación de frutos. Manual técnico**, Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 1ra. ed., pp. 409.

- 32) INEGI (2005). **Anuario Estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos**, [Fecha de consulta Abril del 2007]. Disponible en Web: <<http://www.inegi.gob.mx>>
- 33) Jongjareonrak A., Nenjakul. S., Visessanguan W., Prodpran T. y Tanaka M. (2006). **Characterization of edible films from skin gelatin of brownstripe red snapper and bigeye snapper**, Food Hydrocolloids, 20, pp. 492-501.
- 34) Kader, A. A. (2001). **A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than apples and pears**. pp 29-70. Postharvest Horticulture University of California, Davis, [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web: <<http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ae075s/ae075s19.htm>>
- 35) Lage S. J. C., Flores S. y Mejía L. C. D. (1989). **Panorama sistemático de las aplicaciones de la tecnología de bajas temperaturas a los alimentos**, UNAM, México, 1ra ed., pp. 165.
- 36) Lee H. G., Kwang, Y. L. y Shim J. (2004). **Mechanical properties of gellan and gelatin composite films**, Carbohydrate Polymers, 56, pp. 251-254.
- 37) Lees R. (1980). **Análisis de alimentos. Métodos analíticos y de control de calidad**, Ed Acribia, España, 2da. ed., pp. 288.
- 38) Leyva G. A. E. y Ruiz C. E. I. (2004). **Efecto del tratamiento de películas elaboradas a base de quitosan y aditivos, sobre aguacates variedad hass (persea americana mill) durante el almacenamiento**, Tesis, UNAM, p. 5.
- 39) Linden G. y Lorient D. (1994). **Bioquímica agroindustrial**, Ed. Acribia S.A., España, 1ra. ed., pp.428.

- 40) Morales de L. J. (1984). **La conservación de los alimentos: el papel de la refrigeración**, 7(2) Cuadernos de nutrición. Marzo-Abril.
- 41) Montero P. y Gómez G. C. (2005). **Obtención de gelatina a partir de pescado**, Alimentaría, Junio, 364, p. 42-49.
- 42) Plácido M. G. R., Martelli S., Gandolfo C., Amaral S. P. J. y Borges L. J. (2006). **Influence of the glycerol concentration on some physical properties of feather keratin films**, Food hydrocolloids, 20(7), pp. 975-982.
- 43) Pérez, B., Bringas E. y Báez S. R. (2003). **Aplicación de cera comestible en mango. Parte 1: Efecto en las características físico-químicas durante el almacenamiento comercial**, Iber. Tecnología Postcosecha, 5, pp. 100-112.
- 44) Pérez, G. C. K. y Ramos L. K. (2006). **Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina en la calidad de fresa (Fragaria Vesca, L.) almacenada en refrigeración**, Tesis Licenciatura Ingeniería en Alimentos, FES Cuautitlán, UNAM, pp. 163.
- 45) Perkins V. P. y Collins J. K. (2002). **Quality of erect-type blackberry fruit after short intervals of controlled atmosphere storage**, Postharvest biology and technology, 25(2), June, pp. 235-239.
- 46) Piña D. G., Saucedo V. V. C., Ayala E. V. y Muratalla L. A. (2001). **Atmósferas controladas para combatir daños postcosecha en zarzamoras (Rubís sp.)**, Fac. Agron., 18, pp. 87-105.
- 47) Ribeiro C., Vicente A. A., Teixeira J. A. y Miranda C. (2007). **Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence**, Postharvest Biology and Technology, 44(1), April 2007, pp. 63-70.

- 48) Romojaro F., Riquelme, F., Pretil M. T., Martínez, G., Serrano, M., Martínez, C., Lozano, P., Segura, P. y Luna, P. A. (1996). **Nuevas Tecnologías de conservación de frutas y hortalizas: atmósferas modificadas**, Ed. Mundi-Prensa, México, 1ra ed., 221 pp.
- 49) Rojas G. M. A., Tapia S. M. y Martín B. O. (2007). **Empleo de recubrimientos comestibles en frutas frescas cortadas: nuevo enfoque de conservación y desarrollo de productos**, Alimentaria, Abril, 382, pp. 105-118.
- 50) SAGARPA (2005). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. [Fecha de consulta Abril del 2007]. Disponible en Web: <www.sagarpa.gob.mx>
- 51) Sánchez M. T. (2004). **Procesos de conservación poscosecha de productos vegetales**, Ed. AMV EDICIONES, España, 1ra. ed., pp. 51.
- 52) Sanz P. B., Fernández S. J., Ramis V. M., León, C. F. y Ordoñez P. J. A. (2001). **Microorganismos de los alimentos 6. Ecología microbiana de los productos alimentarios**, Ed. Acribia S. A., España, 1ra. ed., pp. 593.
- 53) Sousa M. B., Canet W., Alvarez M. D. y Fernández C. (2007). **Effect of processing on the texture and sensory attributes of raspberry and blackberry**, Journal of food Engineering, 78(1), pp. 9-21.
- 54) Studer A., Ulrich D. H. y Suter E. (1996). **Conservación casera de frutas y hortalizas**, Ed. Acribia, S. A., España, 1ra ed., pp. 1-9.
- 55) Tapia M. S., Rojas G. M. A., Carmona A., Rodríguez F. J., Soliva F. R. y Martín B. O. (2007). **Use of alginate and gellan based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh cut papaya**, Food Hydrocolloids, 78(1), pp. 9-21.

- 56) Vaclavik, V. A. (2002). **Fundamentos de ciencia de los alimentos**, Ed. Acribia, S. A., España, 1ra. ed., pp. 485.
- 57) Vanin, F. M., Sobral P. J. A., Menegalli F. C., Carvalho R. A. y Habitante A. M. Q. B. (2005). **Effect of pasticizers and their concentrations on thermal and functional properties of gelatin based films**, Food Hydrocolloids, 19, pp. 899-907.
- 58) Xu S., Chen X. y Wen S. D. (2001). **Preservation of kiwifruit coated with an edible film at ambient temperature**, Journal of Food Engineering, 50, pp. 211-216.
- 59) Zambrano J. y Briceño, S. (1995). **Cambios en la maduración de frutos de mango cubiertos con cera, durante el almacenamiento**. [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web: <www.redpavfpolar.info.ve/agrotrop/v57_1/v471a001.html>

Otras páginas web consultadas

- 60) Internet 1. [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web:
<<http://www.creces.cl/new/index.asp?tc=1&nc=5&tit=&art=742&pr=>>
- 61) Internet 2. [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web:
<<http://www.cueronet.com/tecnica/colageno.htm>>
- 62) Internet 3. GMIA [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web:
<http://www.gelatin-gmia.com/html/gelatine_health.html>
- 63) Internet 4. SAGMA [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web:
<http://www.sagma_gelatina.org>
- 64) Internet 5. [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web:
<http://www.quiminet.com/ar2/ar_%250F%25A7%252F%25B4%2523S%255E%25F1.htm>
- 65) Internet 6. [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web:
<<http://www.pilsac.com.mx>>
- 66) Internet 7. Gelita [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web:
<<http://www.gelita.com.mx>>
- 67) Internet 8. Coloidales Duche [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web:
<<http://www.duche.com>>
- 68) Internet 9. GME [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web:
<<http://www.gelatine.org/es/gelatine/overview/127.htm>>

- 69) Internet 10. Mitcham E. J., Crisosto C. H. y Kader A. A. , Department of Pomology, University of California, Davis. [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web: <<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/Bayas.shtml>>
- 70) Internet 11. [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web: <<http://www.tecnoagro.com.mx/portal/zarzamora/zarzamora.htm>>
- 71) Internet 12. [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web: <<http://www.hortifrut.cl/productos/mora.htm>>
- 72) Internet 13. [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web: <<http://www.consumaseguridad.com/ciencia-y-tecnologia/2004/03/10/11277.php>>
- 73) Internet 14. [Fecha de consulta Diciembre del 2007]. Disponible en Web: <<http://www.konicaminoltaeurope.com/pcc/es/part2/03.html>>