



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

CUAUTITLAN IZCALLI

Aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina para preservar la calidad de zarzamora (*Robus frocticosus*) almacenada en refrigeración lista para consumir.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

KAREN NAVARRETE GONZALES

ASESOR: Dra. Ma. Andrea Trejo Márquez

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO DE MÉXICO 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi gran familia, a la familia NAVARRETE GONZÁLEZ, y a mi abuelita Anita Martínez Ángeles, a ella, por su amor por todo su cariño por que hasta los últimos días de su vida me enseñó que la vida está llena de tropiezos, sin embargo habrá alguien que me ayudara a levantarme y ese es Dios. Gracias abuelita por enseñarme a ser la persona que soy.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi fuerza, mi fortaleza y mi refugio, en quien puedo confiar aunque todos me fallen se que tú estarás conmigo hasta el final. Gracias por que hasta el día de hoy me has llenado de bendiciones dándome a la mejor familia del mundo, y porque me diste la oportunidad de cumplir con mi sueño.

A mis padres por que han luchado para que cumplamos nuestros sueños

A mi papí José Navarrete, porque es un hombre fuerte, que nos ha enseñado a ser personas responsables, a valorar lo que se tiene, y que todo logro necesita de un esfuerzo. Gracias papí porque has sido mi gran maestro, nunca dejare de admirarte, ya que siempre luchaste por darnos cada día una vida mejor. TE AMO

A mi mamá Margarita González, por que ha sido una mujer muy valiente y fuerte que ha luchado con mi padre, para darnos lo necesario para cumplir con nuestras metas, Gracias por enseñarnos a ser mujeres que no se rinden, y que no temen a los obstáculos que se nos presenten. TE AMO

A mi hermanita Ana Leydi, porque siempre me has apoyado, espero que tú también termines tus estudios y que cumplas con cada una de tus metas, recuerda que se necesita caer para aprender a levantarse. Que cada quien va forjando su vida y sé que serás una muy buena odontóloga porque eres dedicada. Estoy muy orgullosa de tí, porque a pesar de tu edad eres una mujer madura y que sabe que tiene responsabilidades.

A Luis Antonio Rivera, porque has sido mi gran amigo y mi compañero, gracias por tú cariño, y porque siempre me escuchaste cuando sentía que no podía y quería abandonar todo, tú me ayudaste a seguir. Hemos aprendido muchas cosas juntos, y siempre nos hemos apoyado en todo. Gracias por que fuiste una pieza importante para culminar con esta meta. Recuerda que cada día se debe de ser una persona mejor.

A Maribel Rodríguez, gracias por tú amistad, por apoyarme y por escucharme, eres una persona admirable y dedicada, y sé que tú también te vas a titular muy pronto. Te deseo lo mejor en cuanto a tu desarrollo personal y profesional. Te quiero mucho amiga

A Anabel Rivas, le doy gracias a Dios por que te conocí, y sé que eres una persona especial que me ha brindado su amistad incondicionalmente, y sé que podre confiar en tí siempre. Gracias por apoyarme y enseñarme en las cosas que no entendía. Te deseo

lo mejor y sé que lograras muchas cosas en tú vida. Te quiero mucho.

A Carmen, Gracias por compartir esta etapa de tú vida conmigo, te estimo y te considero una gran amiga, te agradezco porque desde el primer día que te conocí me extendiste tú mano y me ayudaste muchísimo. Recuerda que lo que no te mata, te hace más fuerte. Sé que tienes una fortaleza grande y un carácter fuerte, aprovéchalo. Te quiero mucho.

A Jesica Garduño, Gracias por ser una gran amiga, porque me apoyaste muchísimo durante este tiempo que estuvimos haciendo la tesis, yo se que aquí no se termina nuestra amistad, se que seguiremos siendo amigas siempre. Ojalá que nunca cambies y que siempre sigas siendo tan sincera como hasta ahora aunque no te des cuenta de eso. Te quiero mucho

A la Dra. Andrea Trejo Márquez, le agradezco por que desde el día que la conocí me ha apoyado y ha creído en mí, gracias por que en todo momento me brindo todo lo necesario para mi proyecto. He aprendido mucho de usted, y sé que con esmero y dedicación se logran los objetivos que uno se propone, La admiro por la pasión que le tiene a su profesión,

A la M. en C. Norma Camacho de la Rosa, por su apoyo en mi proyecto por compartir de sus conocimientos conmigo y sobre todo porque me ayudó a que este trabajo fuera mucho mejor .

A mis sinodales los cuales me apoyaron dándome consejos para el mejoramiento de este proyecto

Al Universidad Nacional Autónoma de México, que me brindo un lugar en ella para llegar a la formación académica profesional, gracias por hacerme participe de honorable máxima casa de estudios.

*Puede oscurecer,
puedo ser rodeado de lo que nunca esperaría
Estar en la neblina de un gran dolor
y pensar que no hay salida para mí.
Pero hay una verdad
Que nunca me dejara desfallecer
Y aunque yo no lo deba merecer
Me sostiene
Dios ha sido fiel
Su fidelidad nunca acabara
Permanecerá, siempre crecerá
El ha sido fiel
Y por siempre lo será
Aunque en mi vida haya duda
En plena noche oscura
El extiende sus brazos de amor
Y estando en la tormenta
Su mirada me alienta
Y otra vez me deja ver
Que ha sido fiel*

Marcos Witt



ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|---|------|
| ÍNDICE DE TABLAS | Iii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | Iv |
| | |
| RESUMEN | 1 |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| | |
| 2. ANTECEDENTES | |
| 2.1 Origen | 3 |
| 2.2 Clasificación taxonómica | 3 |
| 2.3 Morfología del fruto | 4 |
| 2.4 Importancia económica de la zarzamora | 5 |
| 2.4.1 Producción mundial de la zarzamora | 5 |
| 2.4.2 Importaciones | 6 |
| 2.4.3 Estacionalidad de la oferta (exportaciones) y competencia | 6 |
| 2.4.4 La zarzamora en México | 7 |
| 2.5 Variedades | 10 |
| 2.6 Composición química | 12 |
| 2.7 Cambios fisiológicos durante la maduración | 13 |
| 2.7.1 Maduración | 13 |
| 2.7.2 Madurez fisiológica y comercial | 14 |
| 2.7.3 Cambios durante la maduración | 14 |
| 2.7.3.1 Cambios fisiológicos | 15 |
| 2.7.3.2 Cambios fisicoquímicos | 15 |
| 2.8 Pérdidas postcosecha | 19 |
| 2.9 Tecnologías postcosecha | 21 |
| 2.10 Películas poliméricas comestibles | 23 |
| 2.10.1 Películas poliméricas biodegradables | 23 |
| 2.10.2 Propiedades funcionales de las películas comestibles y/o biodegradables | 23 |
| 2.11 Materias primas de las películas comestibles y/o biodegradables | 24 |
| 2.11.1 Gelatina | 27 |
| 2.11.1.1 Método de extracción de la gelatina tipo B | 28 |
| 2.11.1.2 Propiedades físicas de la gelatina | 30 |
| 2.12 Consideraciones importantes en la elaboración de recubrimientos emulsificados. | 3 |
| 2.13 Principales propiedades de los recubrimientos comestibles | 33 |
| 2.13.1 Propiedades de barrera | 33 |
| 2.13.2 Propiedades mecánicas | 34 |
| | |
| 3. OBJETIVOS | 35 |



| | |
|---|-----------|
| 4. MATERIALES Y MÉTODOS | |
| 4.1 Metodología | 36 |
| 4.2 Material biológico | 37 |
| 4.3 Selección y acondicionamiento de la materia prima | 37 |
| 4.4 Evaluación física, química y fisicoquímica de las zarzamoras. | 37 |
| 4.5 Aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas en refrigeración. | 37 |
| 4.5.1 Selección del recubrimiento comestible | 37 |
| 4.5.2 Preparación del recubrimiento comestible | 38 |
| 4.5.3 Aplicación del recubrimiento comestible | 39 |
| 4.6 Evaluación del efecto de la película en los parámetros fisiológicos y de calidad en las zarzamoras listas para consumir | 42 |
| 4.7 Métodos analíticos | 42 |
| 4.7.1 Evaluación química | 43 |
| 4.7.2 Parámetros de calidad | 43 |
| 4.7.3 Determinación de la calidad microbiológica | 48 |
| 4.7.4 Análisis Estadístico | 49 |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. | |
| 5.1 Caracterización química y fisicoquímica de la zarzamora | 52 |
| 5.2 Características fisicoquímicas | 53 |
| 5.3 Selección de las condiciones para la aplicación de un recubrimiento comestible en zarzamoras almacenadas en envases PET conservadas en refrigeración. | 55 |
| 5.3.1 Efecto en los sólidos solubles | 55 |
| 5.3.2 Efecto la acidez | 58 |
| 5.3.3 Efecto en el pH | 60 |
| 5.3.4 Efecto en la pérdida de peso | 63 |
| 5.4 Evaluación del efecto de la película en los parámetros fisiológicos y de calidad en la zarzamora lista para consumir | 67 |
| 5.4.1 Efecto de la acidez | 67 |
| 5.4.2 Efecto en el pH | 70 |
| 5.4.3 Efecto en los sólidos solubles | 72 |
| 5.4.4 Pérdida de peso | 74 |
| 5.4.5 Desprendimiento de líquido | 76 |
| 5.4.6 Índice de decaimiento | 78 |
| 5.4.7 Cambios en el color | 83 |
| 5.4.7.1 Luminosidad | 83 |
| 5.4.7.2 Tono | 85 |
| 5.4.7.3 Croma | 87 |
| 5.5 Parámetros fisiológicos | 88 |
| 5.5.1 Efecto en la respiración | 88 |
| 5.6 Evaluación microbiológica en "zarzamoras listas para consumir" | 89 |
| 6. CONCLUSIONES | 93 |

7. RECOMENDACIONES 94

9. REFERENCIAS 95

ÍNDICE DE TABLAS

| Tabla | | Pág. |
|--------------|---|-------------|
| 1 | Descripción morfológica de la zarzamora | 5 |
| 2 | Estacionalidad de la oferta de zarzamora fresca en el mercado estadounidense | 8 |
| 3 | Estados productores de zarzamora y participación en el 2006 (Toneladas) | 9 |
| 4 | Cultivares de zarzamora establecida en México | 10 |
| 5 | Variedades de zarzamora | 10 |
| 6 | Componentes nutritivos por cada 100g de porción comestible de zarzamora | 13 |
| 7 | Enfermedades presentes en la zarzamora | 20 |
| 8 | Principales plagas en la zarzamora | 21 |
| 9 | Tecnologías postcosecha en frutillas | 22 |
| 10 | Materiales de recubrimiento | 24 |
| 11 | Formulaciones evaluadas para la conservación de zarzamoras | 38 |
| 12 | Escala de índice de decaimiento | 47 |
| 13 | Composición de la zarzamora | 50 |
| 14 | Parámetros fisicoquímicos de la zarzamora | 52 |
| 15 | Evaluación de la calidad microbiológica de zarzamoras con recubrimiento comestible a base de gelatina al 2% y 3% con tiempos de de 5 minutos y 10 minutos, conservadas en envases PET y almacenadas a 5°C y 85% de HR | 91 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | | Pág. |
|---------------|---|-------------|
| 1 | Planta de zarzamora | 3 |
| 2 | La zarzamora | 4 |
| 3 | Obtención de gelatina | 28 |
| 4 | Cuadro Metodológico | 36 |
| 5 | Aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5° C y 85% de HR | 41 |
| 6 | Refractómetro manual | 44 |
| 7 | Determinación de la acidez titulable | 44 |
| 8 | Potenciómetro manual | 45 |
| 9 | Colorímetro marca Minolta modelo CR-300 | 46 |
| 10 | Determinación de la pérdida de peso | 46 |
| 11 | Analizador de gas por infrarrojo marca Nitec | 48 |
| 12 | Determinación de la calidad microbiológica en zarzamoras | 49 |
| 13 | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1(A), 2(B) y 3% (C) en los sólidos solubles de zarzamoras conservadas en envases PET almacenadas a 5° C y 85% de HR. | 56 |
| 14 | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1(A), 2(B) y 3% (C) en la acidez de zarzamoras conservadas en envases PET almacenadas a 5° C y 85% de HR. | 59 |
| 15 | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1(A), 2(B) y 3% (C) en el pH de zarzamoras conservadas en envases PET almacenadas a 5° C y 85% de HR. | 62 |
| 16 | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1 (A), 2 (B) y 3% (C) en la pérdida de peso de zarzamoras conservadas en envases PET almacenadas a 5° C y 85% de HR. | 64 |
| 17 | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2 (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en la acidez de zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5° C y 85 % HR. | 68 |
| 18 | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2 (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en el pH de zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5° C y 85 % HR. | 70 |
| 19 | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2 (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en los sólidos solubles de zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5° C y 85 % HR. | 72 |
| 20 | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2 (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en la pérdida de peso de zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5° C y 85 % HR. | 74 |
| 21 | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de | 77 |

| | | |
|----|--|----|
| | gelatina al 2 (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en el desprendimiento de líquido de zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 ° C y 85 % HR. | |
| 22 | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2 (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en el índice de decaimiento de zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 ° C y 85 % HR. | 79 |
| 23 | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina en la calidad de zarzamoras conservadas en envases PET almacenadas a 5 ° C y 85% H.R. | 80 |
| 25 | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2 (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en la luminosidad de zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 ° C y 85 % HR. | 82 |
| 26 | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2 (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en el tono de zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 ° C y 85 % HR. | 84 |
| 27 | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2 (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en el croma de zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 ° C y 85 % HR. | 86 |
| 28 | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2 (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en la respiración de zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 ° C y 85 % HR. | 88 |

Resumen

Uno de los principales problemas para la comercialización de la zarzamora es su alta perecibilidad. Por lo que, se estudió el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina en la calidad y vida útil de zarzamora (*Robus fruticosus*) lista para consumir, envasada en charolas de PET y almacenada en refrigeración.

Las zarzamoros fueron seleccionadas, lavadas, desinfectadas y sumergidas en soluciones de gelatina al 2 y 3%, con 3% de ácido cítrico, 1% de tween y 0.6% de glicerol a una temperatura de 25 °C con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos. Los frutos se colocaron en charolas de PET y se almacenaron a 5°C y 85% H.R. durante 11 días. Se evaluaron: el índice de decaimiento, pérdida de peso, liberación de líquido, respiración y parámetros de calidad, color y calidad microbiológica.

La respiración no se afectó por el recubrimiento aplicado, mientras que el pH, y sólidos solubles no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los frutos tratados y los controles. La pérdida de peso de los frutos con recubrimiento presentó diferencia significativa con respecto a los frutos control, sin embargo las zarzamoros con tratamiento presentaron una pérdida de peso alrededor de 5.27%, en tanto que para el control se tuvo una pérdida de peso de 7.4%. Las zarzamoros tratadas y el control presentaron un desprendimiento de líquido del 1%, sin presentar diferencia significativa entre ellas.

De acuerdo a la NOM- 093- SSA- 1994 especifica que para ensaladas de hortalizas verdes crudas o de frutas frescas, el límite máximo permisible de mesófilos aerobios es de 1.5×10^5 UFC/ g, tanto los tratamientos como el control están por debajo de los límites permitidos. Se concluye que el recubrimiento comestible a base de gelatina contribuyó a controlar la pérdida de peso en la zarzamora durante el almacenamiento, ayudando a aumentar la luminosidad y la cromaticidad del fruto.



1. INTRODUCCIÓN

La zarzamora es un fruto no climatérico perteneciente al grupo de las bayas, su género es *Rubus*, en el que también se agrupan las frambuesas (Castañeda-Segura y Oviedo-Hernández, 2005; Muratalla *et al.*, 1999).

La producción de zarzamora se incrementó de 1996 al 2006 en un 335%, siendo los estados de Michoacán, Jalisco, Hidalgo y México los principales productores; esto debido a que tiene una rentabilidad elevada y un buen posicionamiento en el mercado mundial (SAGARPA, 2006).

Uno de los principales problemas para la comercialización de zarzamora es que es muy perecedero y presenta una vida útil muy corta. Esto se debe principalmente a su alta tasa respiratoria, textura blanda, susceptibilidad al ataque de hongos, así como epidermis muy delgada que la hace susceptible a los daños mecánicos (Zamorano y Rios 2004).

El desarrollo y caracterización de películas y recubrimientos comestibles aplicados a la conservación de frutas y hortalizas frescas se ha incrementado por las ventajas que ofrecen como su selectiva funcionalidad para regular la pérdida de vapor de agua, la migración de líquidos y el transporte gaseoso (CO_2 , O_2), lo que permite mejorar la calidad y extender la vida útil de estos productos, sirviendo de vehículo para ingredientes alimenticios y/o mejorando la integridad mecánica (Bosques-Molina, 2007; Díaz *et al.*, 2002; Casariego *et al.*, 2001; Cristo *et al.*, 2007).

Los retos técnicos en el uso de este tipo de recubrimientos y películas es muy grande, a pesar de que la información disponible para la elaboración de películas comestibles es amplia, no es universal para todos los productos, lo que implica un reto para el desarrollo de recubrimientos y películas específicas para cada alimento (Rojas-Graü *et al.*, 2007). Las películas comestibles resistentes con buenas propiedades mecánicas pueden sustituir las películas de empaquetado sintético. Para la aplicación de estas películas es necesario un conocimiento de sus propiedades fisicoquímicas y mecánicas, las cuales pueden ser



INTRODUCCIÓN

modificadas en dependencia del fin para el que se destinan y de los agentes auxiliares que se adicionan (Casariego *et al.*, 2004).

Por lo que el objetivo del presente trabajo es la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina para alargar el tiempo de vida útil y preservar la calidad en zarzamora (*Robus fruticosus*) almacenada en refrigeración lista para consumir.



2. ANTECEDENTES

2.1 Origen

La zarzamora se ha encontrado a lo largo del mundo principalmente en las regiones templadas del hemisferio norte excepto en el desierto. Aunque las especies son nativas de muchas partes del mundo, hay evidencias que fueron domesticadas por el decimoséptimo siglo en Europa y durante el decimonoveno siglo en Norteamérica. Los primeros colonos en América del norte consideraron a la zarzamora como maleza y su interés primario estaba en encontrar la manera de destruirlas, pero hay evidencias que los frutos cosechados se utilizaron en la fabricación de los vinos (Moore y Skirvin, 1990).

2.2 Clasificación taxonómica

La zarzamora pertenece a la familia de las *Rosaceae* una de las más importantes, por número de especies, por su relevancia económica y su amplia distribución (Croquist, 1977; Holdsworth, 1988; Moore y Skirvin, 1990). Se ha reportado la siguiente clasificación taxonómica (Fig. 1):

Reino: vegetal

Subreino: *Embryobionta*

División: *Magnoliophila*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Rosidae*

Orden: *Rosales*

Familia: *Rosaceae*

Subfamilia: *Rosoidae*

Género: *Robus*

Subgénero: *Eubatus*



Figura 1. Planta de zarzamora



El subgénero *Eubatus*, es un grupo muy inconstante, heterogéneo y complejo de plantas, se reconocen cerca de 350 especies. Habita las regiones templadas principalmente al noroeste de Asia, Europa, norte de África, América del Norte y las montañas de América del Sur (Moore y Skirvin, 1990).

2.3 Morfología del fruto

Es un grupo agregado o poli drupa formado por varios frutos individuales carnosos llamados drupeolas, pseudo drupa o falsa drupa, los cuales se adhieren al receptáculo que se vuelve una parte comestible y se torna de color negro púrpura a la maduración, características que las distinguen de su compañero de género, la frambuesa. La parte comestible de los frutos carnosos se deriva de diferentes órganos de la flor, ello implica gran variación de comportamiento de los frutos por lo que las estructuras de las que derivan tienen considerable repercusión sobre las recomendaciones adecuadas para su conservación y calidad postcosecha (Fig.2).

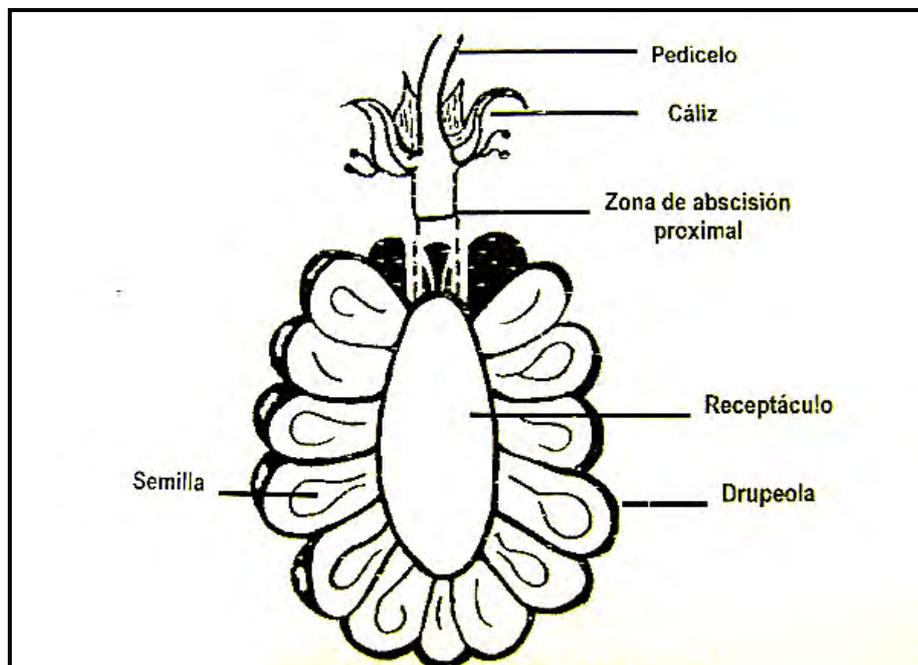


Figura 2. La zaramora

En la Tabla 1 se describe las partes anatómicas de la zaramora.



Tabla 1. Descripción morfológica de la zarzamora.

| Órgano | Descripción |
|---|---|
|  <p data-bbox="408 741 464 770">Flor</p> | <p data-bbox="608 483 1406 714">Es simple, pentámera, completa y hermafrodita; contiene varios pistilos simples individuales esparcidos sobre la superficie de un solo receptáculo, la corola es de color blanco a blanco rosado que atrae a los polinizadores como las abejas principalmente, el cáliz consta de sépalos verdes caedizos, estambres numerosos arreglados en forma de espiral que aparecen sobre un receptáculo convexo.</p> |
|  <p data-bbox="392 1211 472 1240">Frutal</p> | <p data-bbox="608 815 1406 1279">Planta perenne, puede durar más de 20 años dependiendo del manejo. Las cañas surgen de los brotes en coronas o raíces, durante su primer año no florecen, crecen rápidamente en longitud y normalmente producen las hojas compuestas, en el segundo año siguiendo un periodo inactivo producen ramas laterales con hojas y una fluorescencia terminal que producen renuevos cada año. Estas cañas están armadas con espinas duras que varían en su forma y tamaño de desarrollo de consistencia herbácea y apariencia arbustiva (semileñosos). La corona y el sistema radical son perennes, mientras que las cañas son bianuales. Sus hojas son compuestas por 3 ó 5 folíolos peciolados que terminan en un folíolo impar situado en un raquis espinoso, de forma elíptica ovada, con borde dentado o acerrado, de color verde oscuro por el haz y claro por el envés.</p> |
| <p data-bbox="376 1341 496 1370">Drupeola</p> | <p data-bbox="608 1292 1406 1447">Son los verdaderos frutos, presentan un exocarpio formado por capas epidérmicas y subepidérmicas que tienen una estructura glabra (desprovistos de pubescencia), el mesocarpio es carnoso y el endocarpio del tejido mas interno en desarrollo, contiene una sola semilla viable pequeña dura, de una superficie áspera a lisa.</p> |

Fuente: Elaborado con información de Díaz (2002), Hobson, (1993), Moore y Skirvin (1990), Muratalla *et al.* (1999), Pantastico (1975), Ryugo (1993), Wills *et al.* (1998).

2.4 Importancia económica de la zarzamora

2.4.1 Producción mundial de la zarzamora

La producción mundial de zarzamora cultivada es pequeña, tienen mayor importancia en Estados Unidos, Nueva Zelanda, México, Guatemala y Colombia, se estima que el 75% se



destina al proceso de congelado, no obstante es la exportación en fresco la que permite obtener los precios más atractivos.

En el mercado internacional, el comportamiento productivo de la zarzamora está determinado por dos grandes regiones de consumo: el mercado norteamericano y el mercado europeo. Del mercado norteamericano destaca el oeste de los Estados Unidos de Norteamérica, Oregón y Washington, zona proveída por Nueva Zelanda, México, Guatemala, Chile y Colombia. En el mercado europeo destacan como los principales países importadores de zarzamora y demandantes: Inglaterra, Francia, Polonia, Yugoslavia, Alemania, Holanda, Italia y Bélgica - Luxemburgo; en este continente participa como exportador Chile, como único representante latinoamericano (SEDER, 2007).

Para el caso particular de México, EUA es el principal mercado de exportación (promedio de consumo del 97.8 % de las exportaciones). Asimismo se realizan algunos envíos a Canadá, España, Reino Unido, Francia, Hong Kong y Argentina; los envíos a estos dos últimos, no son consistentes, se manejan ocasionalmente y con volúmenes marginales (SEDER, 2007).

2.4.2 Importaciones

Se han efectuado importaciones de frambuesas y zarzamoras congeladas a México, provenientes de Chile, EUA y Guatemala, con el objeto de satisfacer una demanda interna selectiva de abasto a nivel consumo en fresco, mermeladas y conservas. Ahora bien, el incremento registrado en las importaciones obedece principalmente, al descuido tradicional del mercado interno por los propios comercializadores nacionales que privilegian los envíos de la mejor fruta a los mercados de exportación, sin considerar el consumo interno en su planeación de ventas.

2.4.3 Estacionalidad de la oferta (exportaciones) y competencia.

Durante los meses de octubre a diciembre, se realizan el 40% de las exportaciones totales y de enero a mayo, el 59% restante. A nivel internacional, la estacionalidad de la oferta de



zarzamora fresca en el mercado estadounidense para los principales países proveedores, incluyendo su oferta interna, se desarrolla en los meses de junio a septiembre, con la producción de California, Washington y Oregón. Florida envía algo de su producción sólo durante los meses de mayo y junio (SEDER, 2007).

Por su parte, Colombia, Chile, Guatemala, Nueva Zelanda y México, compiten con envíos en los meses de enero a marzo. Cabe mencionar que México concurre en las mismas épocas que estos países, situación que debe promover el desarrollo de estrategias de comercialización e inteligencia para el producto mexicano. A excepción de Chile, estos países abastecen en los meses de Noviembre a Diciembre, aunque Colombia inicia desde Septiembre y en Octubre, es prácticamente el único oferente (SEDER, 2007).

Considerando a Europa Occidental y Oriental, existen áreas importantes de producción en Inglaterra, Francia, Polonia, Rumania, Holanda e Italia. Como representante de Latinoamérica, Chile participa en este mercado. Durante los meses de enero a abril, todos destinan su producción a Holanda; asimismo, de julio a octubre la destinan para Alemania.

México exporta zarzamora fresca y congelada de octubre a enero a los Estado Unidos pues en estos meses se registra desabasto (Tabla 2). Lo que al país le representa una ventaja competitiva para cubrir una ventana de comercialización y abastecer la demanda del producto, en dicho periodo es el que se alcanzan los mas altos precios en el mercado mundial debido a la escasa oferta, haciendo de este rubro una fuente de producción rentable y alternativa (Muñoz y Juárez, 1997; Muratalla *et al.* 1999; SAGARPA, 2006). Cabe destacar que a los agricultores que envían en fresco para el consumidor internacional obteniendo buenas ganancias, ya que puede conseguir hasta un 300% más de lo que se logra exportándolos de manera congelada (SAGARPA, 2006).

2.4.4 La zarzamora en México

En el sector agropecuario se tiene una amplia gama de productos agropecuarios cuyo conocimiento es limitado y sus niveles de producción y consumo son modelos se denominan comercialmente como no tradicionales (PNT) que se definen como el conjunto de productos agropecuarios nativos o de orígenes lejanos, exóticos, lo mismo tropicales



que de zona árida, de volúmenes de producción pequeños, circunscritos a ciertas regiones o microclimas, poco conocidos en los mercados y por los consumidores (Zamorano y Ríos, 2004).

Tabla 2. Estacionalidad de la oferta de zarzamora fresca en el mercado estadounidense.

| Proveedores | Meses | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | E N E | F E B | M A R | A B R | M A Y | J U N | J U L | A G O | S E P | O C T | N O V | D I C |
| Estados Unidos | | | | | | | | | | | | |
| California | | | | | | X | X | X | X | X | | |
| Washington | | | | | | | X | X | X | | | |
| Oregón | | | | | | | X | X | X | X | | |
| Florida | | | | | | X | X | | | X | | X X |
| Colombia | X | X | X | | | | | | | | | |
| Chile | X | X | X | | | | | | | | | |
| Guatemala | X | X | X | X | X | X | X | X | | | X | X |
| Nueva Zelanda | X | X | X | | | | | | | | | X |
| México | X | X | X | X | X | X | | | | | X | X |

Fuente: Muñoz y Juárez (1997).

La Secretaría de Agricultura (SAGARPA) ha venido apoyando la promoción de este amplio grupo de cultivos-productos, habida cuenta de la importancia de los PNT y de los favorables impactos que se logran con los apoyos otorgados a las empresas familiares y productores, propiciando la reconversión productiva y la generación de empleos para mejorar las condiciones en medio rural (Zamorano y Ríos, 2004).

Entre los productos no tradicionales en México se encuentra la zarzamora, su importancia radica en cinco razones (Muñoz y Juárez, 1997; SAGARPA, 2006; Zamorano y Ríos, 2004):



1. Elevada rentabilidad que representa una opción para productores y agroindustriales.
2. Rápido retorno de la inversión, desde el segundo año.
3. Uso intensivo de mano de obra, pues se requieren de 900 jornaleros por hectárea.
4. Versatilidad de los frutos para su consumo.
5. Grandes posibilidades de exportación.

En los últimos años la producción de zarzamora ha aumentado de 1996 al 2006 en un 335%, siendo los estados de Michoacán, Jalisco, Hidalgo y México los principales productores esto debido a que tiene una rentabilidad elevada y un buen posicionamiento en el mercado mundial (Tabla 3).

Tabla 3. Estados productores de zarzamora y participación en el 2006 (Toneladas).

| Estado / Año | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | % |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Michoacán | 12,986 | 10,898 | 9,652 | 26,984 | 26,984 | 33,974 | 40,841 | 96.10 |
| Jalisco | 32 | 165 | 63 | 57 | 102 | 239 | 624 | 1.47 |
| México | 467 | 457 | 370 | 395 | 376 | 323 | 326 | 0.77 |
| Nayarit | - | - | - | 90 | 510 | 451 | 374 | 0.88 |
| Subtotal | 13,485 | 11,520 | 10,084 | 27,525 | 26,557 | 34,988 | 42,165 | |
| Otros estados | 49 | 50 | 1,033 | 120 | 140 | 147 | 332 | 0.78 |
| Total | 13,534 | 11,570 | 11,117 | 27,645 | 26,697 | 35,135 | 42,497 | 100 |

Fuente: Sistema de información Agropecuaria/SAGARPA con datos del SIACON (2006).

Los cultivares establecidos en México (Tabla 4) son de origen Estadounidense de crecimiento erecto rastrero distribuidos en ocho estados principalmente (Moore y Skirvin, 1990; Muñoz y Juárez, 1997).



Tabla 4. Cultivares de zarzamora establecida en México.

| Estado | Cultivares |
|------------------|---|
| Michoacán | Brazos*, Comanche, Chotaw, Cheyenne y Olallie |
| Estado de México | Brazos, Cheyenne, Cherokee, Shawnee, Chotaw, Comanche |
| Morelos | Logan, Olallie, Comanche, Cheyenne, Cherokee |
| Veracruz | Brazos y comanche |
| Jalisco | Brazos y comanche |
| Hidalgo | Cheyenne y cherokee |
| Distrito Federal | Cheyenne, Shwnne, Cherokee |

*Aproximadamente el 90% correspondiente a esta variedad.

Fuente: Muratalla *et al.* (1999)

2.5 Variedades.

Las principales variedades de zarzamora se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Variedades de zarzamora.

| Variedad | Hábito de crecimiento | Descripción |
|--|-----------------------|--|
| Brazos  | Erecto | Alto vigor que obliga a establecer menos plantas/hectárea. Produce racimos pequeños, tarda 58 días de floración a fructificación, el fruto es grande de 2,5 cm de diámetro, con un peso de 6.8 g, semillas grandes, textura suave y contienen más de 12 °Brix. |



Tabla 5. Variedades de zarzamora (Continuación).

| Variedad | Habito de crecimiento | Descripción |
|---|-----------------------|--|
| <p>Logan</p>  | Rastrera | Es una variedad precoz, de fruto grande, color marrón, suave y aromático. La planta es de tipo guía, vigorosa y muy productiva. Tiene buena brotación en regiones frías (cosechas en mayo) y en regiones con 1800-2000 msnm, libres de heladas, tiene excelente brotación y la cosecha es de enero a febrero. Tiene buena respuesta a los promotores de la brotación cuando las cañas tienen al menos 7-9 meses de edad. Es originaria de California se introdujo en 1883. |
| <p>Cherokee</p>  | Erecto | Es el más erecto de los cultivares aquí descritos, propio para la cosecha mecánica. En su floración es 15 días más tardado que “Cheyenne” y su periodo de flor a fruto es de 50 días. Sus frutos son firmes, de baja acidez, muy dulces y son los más brillantes. No soporta suelos pesados y tolera menos la escasez de agua que “Cheyenne”. Es originaria de Arkansas introducida en 1974. |
| <p>Chotaw</p>  | Erecto | Es precoz y de fruto mediano (5-6 g). Su fruto es dulce y más firme que los restantes cultivares. Tiene la semilla más pequeña comparada con las variedades actuales. Es una variedad con excelente respuesta a la aplicación de promotores otoñales, de fácil cosecha y excelente rendimiento en clima templado sin heladas invernales. |
| <p>Ollalie</p>  | Rastrera | Es una planta muy vigorosa y muy productiva; con bajo requerimiento de frío. Es un cultivar de guía que prospera bien en climas templados moderados con menos de 100 horas frío y se puede tener cosecha de noviembre a mayo. Es originaria de Oregón fue introducida en 1956. |
| <p>Marion</p>  | Rastrera | Es el cultivar más importante en Estados Unidos por la superficie establecida (1407 has). La cosecha es en junio y es tardía comparada con “Boysen”. Su fruto es mediano y firme. La planta es muy vigorosa y productiva. Es una variedad muy propia para zonas frías. |

Fuente: Elaborado con información de Cano y Rodríguez (1989); Moore y Skirvin (1990); Muratalla *et al.* (1999); Muratalla *et al.* (1993).



2.6 Composición química

En la Tabla 6 se muestra la composición química de la zarzamora destacando como una fuente importante de fibra, carbohidratos, minerales y vitaminas.

El agua es el que se encuentra en mayor proporción en las frutas de zarzamora, con aproximadamente 85.6% el contenido final depende de la que haya tenido disponible el tejido al efectuarse la cosecha, las variaciones diurnas de temperatura y humedad relativa hacen que oscile a lo largo del día, por lo que la recolección de la mayor parte de los frutos conviene llevarla a cabo cuando el contenido en agua sea elevado. Su naturaleza acuosa las hace tener un alto índice de perecibilidad y su vida de anaquel es muy corta de dos a cinco días (Chávez-Franco, 1996; Hulme, 1970; Mitcham *et al.* 1996). Las semillas constituyen también una proporción relativamente alta, en 100 gramos se encuentran 3,180 semillas con un peso de 6.75 gramos (Hulme, 1970).

Tiene un excelente contenido de fibra, vitamina, minerales y carbohidratos. Es una de las fuentes dietéticas más ricas en potasio, uno de los minerales más importantes en frutas y hortalizas cuya riqueza supera los 200 mg/100g. Cuantitativamente la vitamina más importante es la C (ácido ascórbico), aproximadamente el 90% procedente de frutas, tiene numerosos efectos beneficiosos relativos a la cicatrización el aporte es importante ya que los seres humanos no podemos sintetizarla, frecuentemente ha estado involucrada en la prevención de ciertos desórdenes fisiológicos de frutos por su efecto antioxidante por lo que también es ampliamente utilizado en su procesamiento industrial, el contenido de esta vitamina en el fruto se encuentra alrededor de 21 mg/100g de porción comestible (Tabla 6). Esta composición al igual que la de otros frutos depende principalmente del manejo que se de en campo a las plantaciones, se sabe que durante el desarrollo de los mismos se dan importantes cambios en los niveles (Hulme, 1970; Livera y Legunes, 1999; Wills *et al.* 1998).

Durante el manejo postcosecha el contenido de vitaminas y minerales es un parámetro de calidad importante, mantener la riqueza en el curso de la manipulación y el almacenamiento durante prolongados periodos, debe constituir una de las preocupaciones fundamentales durante estas operaciones (Kader, 1992; Wills *et al.* 1998).



Tabla 6. Componentes nutritivos por 100 g de porción comestible de zarzamora.

| Componentes | Promedio | Componentes | Promedio |
|--------------------------|----------|-----------------|----------|
| Proteína (g)Grasas(g) | 0.7 | Tiamina (mg) | 0.03 |
| Cenizas(g) | 0.3 | Riboflavia (mg) | 0.04 |
| Fibra(g) | 0.5 | Niacina (mg) | 0.4 |
| Carbohidratos totales(g) | 6.8 | Vitamina C (mg) | 21.0 |
| Betacarote (mcg) | 12.6 | Calcio (mg) | 29 |
| Luteína (mcg) | 128 | Hierro (mg) | 0.62 |
| Vitamina A (UI) | 118 | Magnesio (mg) | 20 |
| Vitamina E (mg) | 217 | Fosforo (mg) | 22 |
| | 1.17 | Potasio (mg) | 162 |
| | | Sodio (mg) | 1 |

Fuente: FAO (2006); Hulme (1970); USDA National Nutrients for Estándar Reference (2004)

2.7 Cambios fisiológicos durante la maduración.

2.7.1 Maduración.

El desarrollo completo de un órgano o tejido vegetal se divide en fases fisiológicas fundamentales: crecimiento, madurez, senescencia y abscisión o muerte que son inevitables aunque variables y que ocurren a diferente velocidad según la longevidad (Díaz, 2002; Wills *et al.* 1998).

La maduración es un proceso complejo bajo estricta regulación génica, en la cual un fruto ha alcanzado un estado suficiente de desarrollo, es considerada desde hace tiempo como la pérdida de integridad celular de los tejidos que conduce eventualmente al envejecimiento y muerte de los mismos. Su velocidad y naturaleza difiere significativamente entre las especies de frutas, cultivares de las mismas especies, diferentes grados de madurez del mismo cultivar, zonas de producción y en sus respuestas a diversos ambientes de



postcosecha; aun así es posible identificar ciertos fenómenos generales en relación al comportamiento (Almaguer, 1998; Díaz, 2002; Wills *et al.*, 1998).

2.7.2 Madurez fisiológica y comercial

Este proceso implica diferentes fases; fisiológica y comercial que debe cumplirse en toda su magnitud para poderse ofertar un producto de calidad comercial y comestible al consumidor. La madurez es un componente integral de calidad que tiene una gran influencia en el comportamiento postcosecha del fruto durante la comercialización, así como sobre la calidad organoléptica final (Díaz, 2002; Kader, 1992). Como regla general, cuanto mas avanzada es la maduración menor es la vida postcosecha (López, 2003). El tipo de fruto y su forma de consumo definen la fase en que deberán cosecharse (Díaz, 2002; Mitcham *et al.*, 1996).

Es un determinado estado en el que se alcanza y finaliza el desarrollo completo de un fruto pero no necesariamente esta listo para ser consumido y suele iniciarse antes de que termine el crecimiento. El crecimiento y maduración fisiológica suele hacerse referencia conjunta hablando de fases de desarrollo y solo se completa cuando el fruto permanece unido a la planta (Díaz, 2002; Kader, 1992). En los frutos climatéricos la madurez fisiológica es el estado óptimo para ser cosechados, en el caso de los frutos no climatéricos como la zarzamora la madurez fisiológica coincide con la madurez comercial (momento en el se desarrollan todos los atributos de calidad color, sabor aroma y textura para ser consumidos), es por esta razón que este tipo de fruto presenta una menor vida útil.

2.7.3 Cambios durante la maduración

La zarzamora, al igual que todas las frutillas (frambruesa, fresa, arándano), es una fruta considerada como no climatérica, ya que no tienen la capacidad de madurar después de la cosecha, por lo cual debe ser cosechada justo en el momento en el que ha adquirido su madurez de consumo (color homogéneo y característico de zarzamora madura, sabor dulce, cantidad de azúcar y sólidos totales adecuados). Por tal razón, es indispensable un manejo adecuado, tanto físico como de temperatura para evitar el deterioro de la fruta, y un extremo cuidado de no mantenerla o almacenarla junto a productos que produzcan altas



cantidades de etileno ya que esto acelerará el proceso de senescencia de la zarzamora (Cajuste *et al.*, 2000).

2.7.3.1 Cambios fisiológicos

Se considera que la respiración junto con la síntesis de etileno, constituyen los procesos iniciadores de la maduración, los cuales actúan de manera simultánea (Díaz, 2002; Wills *et al.* 1998).

Patrón de respiración

El proceso de respiración es fundamentalmente tanto en el desarrollo de un fruto adherido al árbol, los sustratos para la respiración se derivan principalmente de la fotosíntesis, después de cosechado, los sustratos serán solo aquellos almacenados en el fruto como azúcares, almidón, proteínas, grasas, lípidos y ácidos orgánicos. Al avanzar la edad de un fruto en postcosecha, este continúa respirando y entonces estará agotando las reservas en sus tejidos hasta inducirse la degradación (Díaz, 2002; Lira, 1994). Los frutos de acuerdo con su patrón respiratorio se clasifican en climatéricos y no climatéricos.

La respiración de los frutos decrece lentamente desde la antesis y se mantiene baja durante la maduración por lo que los cambios relacionados ocurren a un ritmo más lento, logrando madurar sin aumento respiratorio. Algunos ejemplos son cereza, frambuesa, fresa, cítricos, tuna, piña, uva, que se cosechan en madurez de consumo (Díaz, 2002; Muñoz y Juárez, 1997).

El fruto de zarzamora tiene una velocidad de respiración considerada como alta a 0, 5, 10 y 20°C, con una producción de 11, 20, 31 y 78 ml CO²/kg.h, respectivamente (Díaz, 2002; Kader, 1992; Wills *et al.* 1998).

2.7.3.2 Cambios fisicoquímicos

Una vez iniciado el proceso de respiración ocurren diversos cambios fisicoquímicos que son importantes ya que sirven de indicadores para la época de cosecha, de parámetros para las técnicas de almacenamiento y resultan útiles para caracterizar el nivel de calidad del



producto al ser adquiridas por el consumidor (Almaguer, 1998; Díaz, 2002; Hobson, 1993; Wills *et al.* 1998).

El sabor es uno de los atributos de calidad más importante ya que involucra la producción de una mezcla compleja de compuestos volátiles que interaccionan con la producción de otros constituyentes mayoritarios, especialmente carbohidratos, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos. El almacenamiento incorrecto y la sobremaduración de los frutos puede inducir la formación de componentes con sabores desagradables (Hobson, 1993). Los cambios de la maduración de zarzamora son sensorialmente notorios entre los principales se encuentra: pérdida de firmeza, aumento de la relación de los °Brix/acidez, síntesis de antiocianos, azúcares y color (Barrera, 2003).

Carbohidratos

Uno de los cambios químicos más representativos en la maduración de los frutos es la degradación de los carbohidratos que pasan de almidón a azúcares simples para dar el dulzor (Díaz, 2002; Pantastico, 1975; Wills *et al.* 1998).

En frutos carentes de almidón como la zarzamora el desarrollo de una calidad comestible óptima se halla asociada a la acumulación de azúcares, en este caso no proceden de la degradación de sus reservas amiláceas, sino de la savia que llegó al fruto, por lo que necesita mantenerse en la planta durante toda su maduración para alcanzar niveles en los drupeolos que se hace a medida de los frutos alcanzan su tamaño completo y finaliza en los días previos a la cosecha, de tal modo que si se recolectan en estado inmaduro no desarrollan todo su sabor (Almaguer, 1998; Díaz, 2002; Hobson, 1993).

El tipo de azúcares presentes durante los cambios de maduración puede variar según los frutos (Díaz, 2002). La sacarosa y el sorbitol un alcohol azúcar, son dos de los principales carbohidratos traslocables en la familia de las *Rosaceas* (Ryugo, 1993). En frutos que no producen almidón deben la mayor parte de su aumento de dulzor a la conversión de sorbitol en fructosa, el más dulce de los azúcares comunes y, de la disminución en el contenido de ácidos, que reducen el sabor agrio presente en los frutos inmaduros (Westwood, 1982).



La degradación de los hidratos de carbono, especialmente de las sustancias pécticas y la hemicelulosa, debilita las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantiene unidas unas células a otras. En los estadios iniciales, mejora la textura, pero finalmente las estructuras vegetales se desintegran. La protopectina es precursor insoluble de las sustancias pécticas. Durante la maduración de los frutos, la protopectina ya gradualmente degradándose a fracciones de peso molecular más bajo, más solubles en agua. La velocidad de degradación de las sustancias pécticas está directamente correlacionada con el ablandamiento de los frutos (Díaz, 2002; Wills *et al.* 1998).

Fenoles

Los fenoles resultan importantes pues también constituyen compuestos implicados en el sabor de los frutos, así como en el proceso de ennegrecimiento de sus tejidos además forman parte de los pigmentos (Díaz, 2002; Hobson, 1993). Proporcionan acidez, astringencia y amargor que restringen el consumo de los frutos hasta que alcanzan la maduración durante la cual decrece la concentración, aunque a menudo la calidad por fruto puede incrementar (Hobson, 1993; Pantastico, 1975; Westwood, 1982). Los frutos contienen una amplia colección de compuestos fenólicos muchos de ellos presentes en altas concentraciones, dentro de una misma especie varía ampliamente dependiendo de la variedad y de las condiciones ambientales. Sus funciones están relacionadas con la protección frente a las heridas, participan también en la resistencia a las enfermedades y son indicadores de la maduración del fruto (Hobson, 1993).

Compuestos volátiles

El aroma de los frutos representa una de las principales características de cada especie, el cual es regulado por la síntesis de varios compuestos volátiles que se forman durante la maduración y que son emitidos en cantidades perceptibles detectados por el olfato (Almaguer, 1998; Díaz, 2002; Hobson, 1993). Los frutos no climatéricos producen compuestos no tan aromáticos, sin embargo tienen importancia en la determinación del grado de aceptación por el consumidor (Wills *et al.*, 1998). Los constituyentes volátiles pueden reducirse o perderse durante un largo almacenamiento, si se mantienen en el ambiente o se procesan afectando el sabor del fruto (Ryugo, 1993; Westwood, 1982).



Pigmentos

Durante la maduración de los frutos se degradan y sintetizan, ciertos pigmentos. El color es con frecuencia el más importante de los criterios utilizados por los consumidores para decir si la fruta está o no madura (Wills *et al.*, 1998).

Las frutas de zarzamora adquieren el color adheridos al árbol, éste varía entre los cultivares del rojo al púrpura, estando involucrados como pigmentos los antocianinas que son hidrosolubles y se les localiza en todo el fruto, el tipo cianidina le proporciona el color inician su acumulación desde que los tejidos se encuentran jóvenes aumentan en la maduración lográndose la mayor cantidad cuando el fruto se encuentre maduro (Díaz, 2002; Hobson, 1993; Ryugo, 1993). Los frutos de algunas especies son exigentes en cuanto a la exposición directa del sol para tomar la antocianina, mientras que en otros tal exposición no resulta tan crítico (Díaz, 2002; López, 2003). La presencia de azúcar en el tejido es importante para la síntesis, ya que son los compuestos precursores de la fenilalanina; de ahí que sea crítico tener un buen follaje y una adecuada fotosíntesis para la formación de pigmentos (Díaz, 2002).

Textura

El ablandamiento de los tejidos de un fruto es uno de los últimos cambios importantes durante la maduración que ocurre una vez han finalizado los de composición, es un proceso irreversible y su importancia se debe a que afecta la comestibilidad, la capacidad de almacenamiento o transporte y su posible transformación (Díaz, 2002; Hobson, 1993).

La pérdida de firmeza de los frutos se da en principio a la pérdida de rigidez estructural de la pared celular. Durante la maduración se disuelve la laminilla media de la pared celular, se destruyen todos sus componentes, aumenta el contenido de pectinas solubles, y se reduce el contenido de los insolubles, estos cambios en la estructura de la pared junto con la pérdida de turgencia de las células, la degradación de los productos se reserva y la presencia de microorganismos que puede actuar en la eliminación de pectinas, son alteraciones que conllevan al ablandamiento excesivo del fruto y aun aumento en la susceptibilidad a los daños mecánicos (Almaguer, 1998; Díaz, 2002; Hobson, 1993). En el



ablandamiento de la pulpa también influyen los cambios hídricos de los constituyentes celulares durante la maduración, pero su influencia es menor al de las alteraciones de la pared celular, en general la pérdida de agua en el fruto reduce la firmeza de los tejidos (Díaz, 2002).

2.8 Pérdidas postcosecha

En México existen diversos factores que influyen sobre las pérdidas postcosecha de los frutos que se deben fundamentalmente a: i) enfermedades causadas principalmente por hongos, ii) deterioro fisiológico (lo cual comprende problemas de sobremaduración, frutos anormalmente blandos, decoloraciones externas, etc.), iii) daños mecánicos o físicos (heridas y golpes de diferentes tipos).

La zarzamora es uno de los productos frutícolas más perecederos que existen ya que no toleran la exposición al sol después de su cosecha, se deshidratan extremadamente rápido si se almacenan en condiciones no adecuadas y por su cantidad de agua es extremadamente susceptible a daños mecánicos y por consiguiente al ataque de hongos.

La principal ventaja de este producto es que no es susceptible a sufrir daños por frío característica que da la pauta para incrementar considerablemente su vida de anaquel y evitar las pérdidas postcosecha. Las principales pérdidas postcosecha en zarzamora son: enfermedades, plagas y daños mecánicos.

Enfermedades

Las enfermedades son la causa principal de pérdidas de postcosecha en las bayas. Para prevenirlas se requiere:

- Un enfriado rápido
- Almacenamiento a la temperatura más baja posible
- Evitando daños físicos en la fruta y
- Embarcando bajo condiciones de alto dióxido de carbono, son los mejores métodos para controlar las enfermedades. Adicionalmente, se debe tener



cuidado de desechar cualquiera fruta dañada o infectada de los envases, ya que la pudrición se puede propagar desde la fruta infectada hasta la fruta sana cercana.

Entre las enfermedades más comunes se encuentran las siguientes (Tabla 7):

Tabla 7. Enfermedades presentes en zarzamora

| Enfermedad | Descripción | Foto |
|--|---|------|
| Pudrición por <i>Botrytis</i> (Pudrición Gris) | <p>Causada por <i>Botrytis cinerea</i>, 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.</p> <p>En cuanto a su taxonomía, <i>Botrytis cinerea</i> corresponde a la forma imperfecta de <i>Sclerotinia (Botryotinia)</i>. El hongo produce un moho de coloración grisáceo sobre los tejidos afectados, de ahí su denominación coloquial de podredumbre gris y con frecuencia su patogenicidad va seguida de un cambio hacia una invasión agresiva del fruto recolecta. Para su desarrollo necesita una elevada humedad relativa (la óptima es de 95%).</p> | |
| Pudrición por <i>Rhizopus</i> | <p>Causada por el hongo <i>Rhizopus stolonifer</i>. Las esporas de este hongo generalmente se encuentran presentes en el aire y se propagan fácilmente. El hongo no crecerá a temperaturas bajo 5°C (41°F), por lo que el método más simple de control es el manejo de la temperatura.</p> | |
| <i>Agrobacterium tumefasciens</i> (Agalla de la corona) | <p>Es una de las más importantes en zarzamora. Forma tumores en la raíz y cuello de la planta y disminuye su vigor. Para evitarla se recomienda emplear plantas sanas al establecer el cultivo y plantar en áreas limpias (libres) de esta bacteria. El uso de Agrimycin dirigido al cuello de la planta reduce la expresión de los tumores, pero no los elimina.</p> | |

Fuente: Elaborado con información de Díaz (2001).



☀ Plagas

Las principales plagas en zarzamora se muestran en la Tabla 8:

Tabla 8. Principales plagas en la zarzamora

| Plaga | Descripción | Foto |
|---|--|---|
| <i>Macroductylus sp</i> (Burro o frailecillo) | Es un escarabajo que provoca daños severos al follaje, flor y fruto en ambas especies. Su incidencia en zarzamora a cielo abierto es de mayo a septiembre. Su control puede ser químico o biológico (mediante el hongo <i>Bauveria bassiana</i>). |  |
| <i>Phyllophaga xoptis</i> (Gallina ciega) | Se alimenta de las raíces de plantas del género <i>Rubus</i> . Hay que prevenir su ataque desinfectando el suelo antes de la plantación. |  |
| <i>Tetranychus urticae</i> (Araña roja) | Es de difícil control aunque se apliquen acaricidas de amplio espectro. Es conveniente evitar los ambientes secos y con altas temperaturas que favorecen dicha plaga. En relación al control químico se debe tener presente la fecha de cosecha para evitar usar productos muy residuales o no permitidos por el departamento de agricultura de Estados Unidos, si es un fruto de exportación. |  |

Fuente: Wills *et al.* (1998).

2.9 Tecnologías postcosecha

Son técnicas que se pueden aplicar al fruto o vegetal, después de cosecharlo. El fin último de la tecnología postcosecha es el desarrollo de métodos en cuanto sea posible, el deterioro de los productos durante el periodo que media entre la recolección y su consumo (Wills *et al.* 1999).



En la Tabla 9 se muestran los principales tratamientos postcosecha aplicados en frutillas para preservar la calidad.

Tabla 9. Tecnologías postcosecha en frutillas

| Tecnología | Condiciones | Fruto estudiado | Referencia |
|-----------------------------------|--|--|-------------------------------|
| Refrigeración | Mantiene los alimentos entre 0 y 5-6°C, inhibiendo durante algunos días el crecimiento microbiano. Somete al alimento a bajas temperaturas sin llegar a la congelación. La temperatura debe mantenerse uniforme durante el periodo de conservación, dentro de los límites de tolerancia admitidos, en su caso, y ser la apropiada para cada tipo de producto. | Comparación de las características físicas y químicas de las fresas cv Selva y Camarosa, almacenadas a 4°C, con 84.8% de HR. | García <i>et al.</i> (1998) |
| Atmósferas Modificadas | La tecnología del envasado en atmósferas modificadas o protectoras (M.A.P Modified Atmosphere Packaging) corresponde al envasado en unidad/consumidor de productos en una atmósfera distinta a aquella natural y constituida por mezclas de gas en distintas proporciones: principalmente oxígeno, nitrógeno y anhídrido carbónico pero también, potencialmente, argón, helio y protóxido de nitrógeno; todos definidos según normas europeas sobre los aditivos, como gases para envasado de alimentos. | Efecto del envasado pasivo en diferentes películas plásticas sobre microflora epifita de la cereza cv Burlat. | Marquina <i>et al.</i> (2006) |
| Recubrimientos Comestibles | Las películas y cubiertas comestibles han demostrado ser potenciales para transferencia a la humedad, oxígeno, dióxido de carbono, lípidos, aromas y compuestos de sabor en sistemas alimenticios. También puede utilizarse como transporte de antioxidantes, antimicrobianos, saborizantes y pigmentos, resultando en un incremento en la calidad y vida de anaquel del producto | Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina en la calidad de fresa (<i>Fragaria vesca</i> , L.) almacenadas a 5°C, HR 88 %. | Pérez y Ramos (2006) |



2.10 Películas poliméricas comestibles.

Son aquellas elaboradas con sustancias poliméricas naturales, de composición heterogénea las cuales pueden ser ingeridas sin riesgo para el consumidor y que le aportan algunos nutrientes tales como: proteínas, almidones hidrolizados, gomas, pectinas, carragenanos, alginatos, entre otros.

El propósito de estos empaques poliméricos es inhibir la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aroma, lípidos y además servir como transporte de antioxidantes, antimicrobianos y sabores e impartir integridad mecánica y facilitar la manipulación de los alimentos. En ocasiones las películas comestibles que tienen buenas propiedades mecánicas pueden reemplazar las películas sintéticas.

2.10.1 Películas poliméricas biodegradables

Son aquellas que se elaboran con sustancias de origen natural, de composición heterogénea, de tal manera que en un proceso de compostaje se transforman en compuestos de menor complejidad, es decir, sufren despolimerización. Más adelante continúan su proceso de degradación hasta llegar a sus componentes más elementales, esto es, sufren mineralización (conversión a $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{sales minerales}$) (Hoyos, 1997).

La despolimerización incluye tres elementos claves:

- Microorganismos apropiados
- Medioambiente favorable

Un sustrato de polímero vulnerable, un ambiente cálido y húmedo, con rango aceptable de pH, nutrientes y oxígeno, para la aplicación de microorganismos, lo cual conduce a un proceso eficiente de biodegradación.

2.10.2 Propiedades funcionales de las películas comestibles y/o biodegradables.

Las películas comestibles y/o biodegradables no siempre reemplazan los empaques sintéticos, sino que racionalizan su utilización, además prolongan el estado de frescura de



frutos y vegetales y el tiempo de vida útil de los alimentos y mejoran la eficiencia económica de los materiales de empaque.

Las propiedades funcionales de las películas comestibles y/o biodegradables son iguales a las de los empaques no biodegradables o sintéticos. Entre las principales se tienen: actúan como barreras a la humedad, al oxígeno y al dióxido de carbono. La permeabilidad de las películas o cubiertas comestibles se relacionan con la resistencia a los gases, al vapor de agua y al transporte de solutos (Evans, 1990).

2.11 Materias primas de las películas comestibles y/o biodegradables

En la Tabla 10 se muestran los diferentes materiales utilizados en la elaboración de recubrimientos.

Tabla 10. Materiales de recubrimientos

| Material | Características | Aplicaciones |
|----------------------|---|---|
| POLISÁCARIDOS | | |
| Almidón | Para modificar las propiedades funcionales del almidón, la estructura del gránulo puede reforzarse mediante la incorporación de otros grupos químicos sustituyentes o de algún entrecruzador artificial. Los almidones entrecruzados se utilizan para dar resistencia al almidón frente a los tratamientos térmicos y para evitar la desintegración de los geles durante el procesado mecánico. | Las películas de amilosa, el almidón hidroxipropilado y dextrinas han sido utilizadas como coberturas comestibles de los alimentos para suministrar una barrera al oxígeno y a los lípidos y para mejorar la apariencia en la textura. La influencia de la humedad sobre la estabilidad de las películas de almidón limitan su utilidad, son barreras pobres para la humedad, además, las propiedades mecánicas son generalmente inferiores a las películas de polímeros sintéticos. Se ha utilizado en frutas y frutos frescos (Brake y Fennema, 1993) |



Tabla 10. Materiales de recubrimiento (Continuación)

| Material | Características | Aplicaciones |
|-------------------|--|---|
| Alginato | La fuente principal de alginato comercial es el alga gigante <i>Macrocystis Pyrifera</i> . El alginato reacciona con varios cationes polivalentes para formar geles que se usan para la formación de películas. Los iones de calcio son los agentes más efectivos en la gelificación. | Las coberturas de alginato de calcio se han usado en productos cárnicos. Son buenas barreras para el oxígeno, retardan la oxidación de los lípidos, mejora la textura, el sabor y disminuye el recuento microbiano en la superficie. Por otra parte se han utilizado para mejorar las barreras, textura y propiedades nutricionales de papaya fresca cortada (Tapia <i>et al.</i> , 2007). |
| Carragenos | Se extraen industrialmente de diversas especies de algas rojas <i>Rodofceas</i> , se utilizan en industrias alimentarias como espesantes y agentes gelificantes. La carragenina al dispersarse en agua requiere un ligero calentamiento para que se disuelva, pero al enfriarse establece un gel, cuya calidad y rigidez dependen de la concentración del polímero y de la cantidad de iones potasio, amonio o calcio que contenga el hidrocoloide. El mecanismo de gelificación no se conoce totalmente, sin embargo, se ha visto que las moléculas de carragenina desarrollan estructuras helicoidales que a veces reaccionan entre si creando una red tridimensional. | El gel de carragenanos se usa en coberturas para alimentos, retardando la pérdida de humedad de los alimentos cubiertos, aumenta la estabilidad contra el crecimiento de microorganismos en la superficie, debido a que son portadores de agentes antimicrobiales.. Lee <i>et al.</i> (2003) consiguieron reducir la respiración de rodajas de manzana y mejorar el efecto antioxidante de distintos agentes contenidos en una matriz comestible con un 0.5% de carragenato. |
| Pectinas | Es un carbohidrato purificado, obtenido del extracto diluido en ácido, de la porción interna de la corteza de los frutos cítricos. Las pectinas se usan por su capacidad de gelificar, propiedad determinada por factores intrínsecos, como su peso molecular y su grado de esterificación, que depende de la materia prima y condiciones de su fabricación. | La permeabilidad al vapor de agua de las películas de pectina es muy elevada en el mismo orden de magnitud como para el celofán y otras películas de carbohidrato. La permeabilidad al vapor de agua puede ser reducida significativamente mediante la adición de una cobertura de cera dentro de la película de pectina. Wong <i>et al.</i> , 1994, observaron una reducción del 50% y 94% en la tasa de producción de dióxido de carbono y etileno, en trozos de manzana recubiertos con pectina y monoglicérido acetilado. |
| Quitosano | Este polisacárido de alto peso molecular, normalmente obtenido por deacetilación alcalina de la quitina proveniente de crustáceos, es ampliamente utilizado como película comestible. | Las cubiertas de quitosano se usan en peras, naranjas, melocotón y ciruelas como barrera para el dióxido de carbono y el oxígeno. |



Tabla 10. Materiales de recubrimiento (continuación)

| Material | Características | Aplicaciones |
|-------------------------------------|--|---|
| Quitosano | Las películas de quitosano son claras, fuertes y flexibles y buena barrera al oxígeno y se forman por moldeo de solución acuosa. Las películas basadas en quitosano protegen los alimentos de la degradación por hongos y modifican la atmósfera de frutos frescos. | Las coberturas de quitosano se usan en las semillas de trigo con el fin de incrementar la producción en el cultivo. Se ha utilizado como recubrimiento en mandarinas “fortune” (Salvador <i>et al.</i> , 2003). |
| PROTEÍNAS | | |
| Colágeno | La desnaturalización parcial del colágeno es la “gelatina existen dos tipos de gelatina, la gelatina de tipo A la cual se obtiene por medio ácido y la de tipo B la cual se obtiene por medio alcalino | El colágeno es un sustancia que presenta una alta permeabilidad al vapor de agua, pero por lo contrario, su capacidad de barrera al oxígeno le confiere un alto interés desde el punto de vista de la protección de determinados alimentos frente a la oxidación, Se ha utilizado en la industria cárnica. Pérez y Ramos (2007) aplicaron un recubrimiento comestible a base de gelatina para alargar la vida útil de la fresa “Camarosa” |
| Zeína | Son aislados de proteína de maíz y se produce mediante el proceso de filtración en frío, es una crema coloreada con un contenido proteico entre 92 - 98%, ha sido promovida comercialmente como película o cobertura comestible. La barrera, adhesión de vitaminas y las propiedades como portador antimicrobial de las películas de zeína, se han utilizado en una variedad de alimentos. | El papel de la cubierta con zeína ha sido juzgado igual al papel de polietileno laminado para usos en los restaurantes de comidas rápidas con el fin de empacar alimentos grasosos y se ha encontrado que tiene buenas características de sellamiento al calor. |
| Gluten de trigo | Estudiando las propiedades mecánicas y de barrera de las películas de proteínas de trigo y de maíz, se ha hallado que las películas de estos cereales tienen baja resistencia a la tensión; las películas de maíz eran quebradizas pero más elásticas que las de celofán. Ambas películas presentan baja permeabilidad a los gases pero alta permeabilidad al vapor de agua. | |
| Aislados de proteína de soya | Estos productos son la forma más purificada de la soya, ya que contienen 90% o más de proteínas. La proteína de soya se ha estudiado para la manufactura de cubiertas para salsas y en la producción de bolsas solubles en agua. | La proteína de soya en aplicación de coberturas comestibles, mejora la adhesión de la pasta y reduce la migración de humedad en uvas pasas y arvejas secas. Se ha utilizado incorporándolo a un recubrimiento de carboximetilcelulosa para reducir las pérdidas de peso de manzana mínimamente procesada (Baldwin <i>et al.</i> , 1997) |



Tabla 10. Materiales de recubrimiento (Continuación)

| Material | Obtención | Usos |
|---------------------------|---|--|
| Proteínas de leche | Las proteínas de la leche se clasifican en dos grandes fracciones: La caseína y las proteínas del suero. Se han realizado ensayos mediante los cuales se analiza las resinas sintéticas como recubrimiento de grasas duras y semiduras con productos lácteos (caseína, caseinato y proteínas del suero), obteniendo así un película comestible, biodegradable y soluble en agua. | Con calentamiento resultan películas extremadamente quebradizas por lo que requiere la adición de plastificantes grado alimenticio para impartir flexibilidad a las películas. En contraste con las películas de caseinato, las películas de proteínas del suero son insolubles en agua debido a la presencia de enlaces covalentes de puentes de disulfuro Se han utilizado películas a base de proteínas de leche para aumentar la vida útil postcosecha del tomate (Galieta <i>et al.</i> , 200) |
| LÍPIDOS | | |
| Acetoglicéridos | La acetilación del monoestearato de glicerol con anhídrido acético, produce un monoglicérido acetilado, el cual presenta la característica de solidificar a partir del estado fundido en un sólido flexible con apariencia de cera. | Wong <i>et al.</i> (1994) emplearon un preparado comercial a partir de un monoglicérido acetilado para aumentar la resistencia al paso de vapor de agua de un recubrimiento para trozos de manzana |
| Ceras | Las ceras comestibles son significativamente más resistentes al transporte de humedad que la mayoría de películas de otros lípidos o no lípidos. Las ceras que se aplican a productos perecederos frescos para retardar la desecación son: abejas, carnauba, candelilla y salvado de arroz. Las ceras son más efectivas en el bloqueo de la migración de humedad, siendo la parafina la más resistente, seguida por la cera de abejas. | Las coberturas de cera tradicionalmente se han aplicado a frutos y vegetales frescos para prolongar períodos de almacenaje en la poscosecha. |

Fuente: elaborado a partir de información de Banker (1996), Hoyos (1997), Jiang y Li (2001), Paredes (1994), Rojas-Graü *et al.* (2007).

2.11.1 Gelatina

Es un producto obtenido por hidrólisis parcial del colágeno derivado de piel blanca o tejido conectivo y huesos de animales. La gelatina comestible se prepara de tres materias primas cuidadosamente seleccionadas: huesos limpios frescos o congelados, de piel de cerdo y tejido conectivo. El hueso se trata con ácido clorhídrico, el cual remueve las sales de calcio, los fosfatos y las sustancias conocidas como oseína. La gelatina se obtiene del



colágeno cuando se calienta con agua durante un tiempo prolongado. La encapsulación protege contra el oxígeno y la luz (Hoyos, 1997).

La gelatina fue el material utilizado como base para el recubrimiento en el presente trabajo

2.11.1.1 Método de extracción de la gelatina tipo B

La gelatina tipo B se refiere a la gelatina obtenida por el método alcalino y es el más empleado a nivel comercial se puede ocupar, los nervios y la oseína de los huesos, pero es más frecuente en los cueros, el proceso se lleva acabo como se muestra en la Figura 3 (Ockerman y Hansen, 2000):

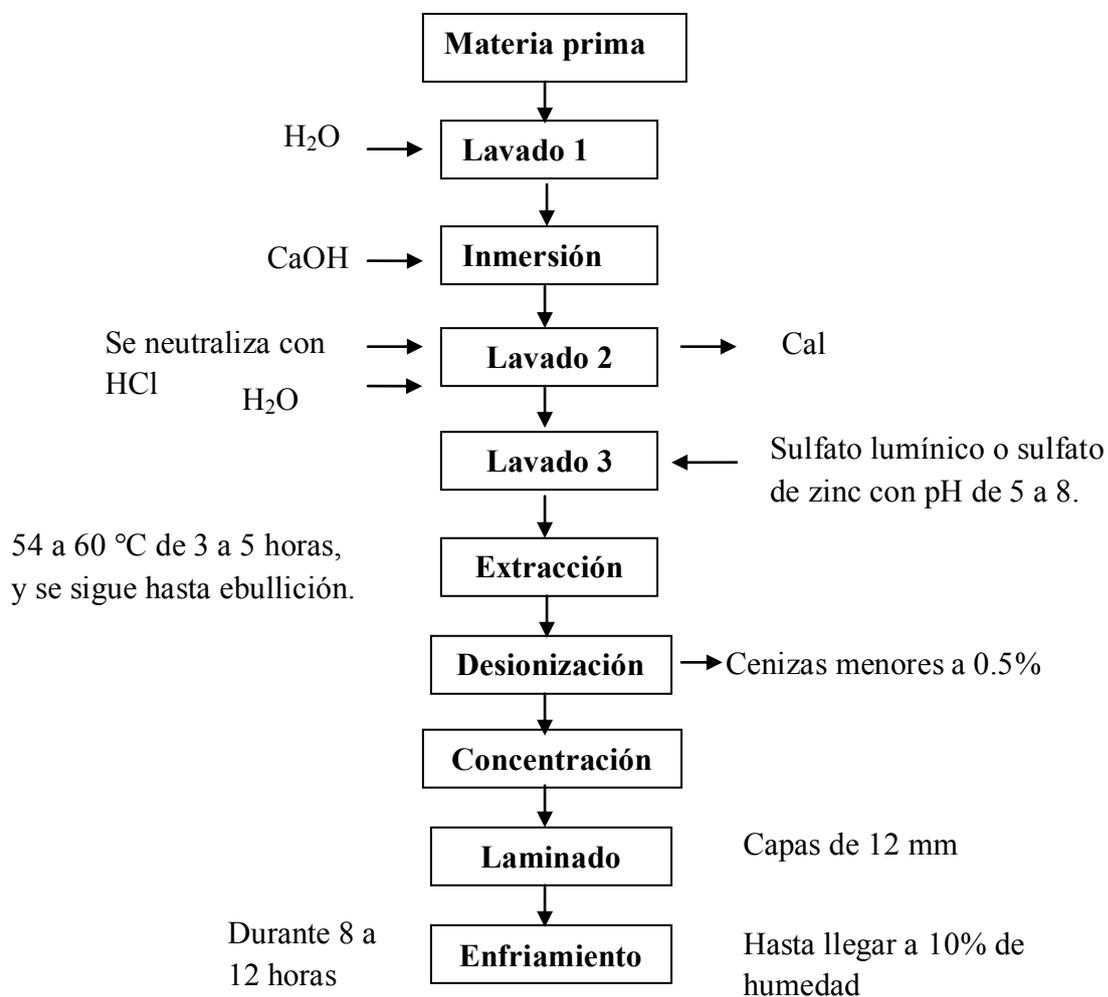


Figura 3. Obtención de gelatina tipo B.



La materia prima se lava, se remoja con agua fría que luego se sustituye por una solución de hidróxido de calcio saturada que se renueva periódicamente, se utiliza aproximadamente el 10% del peso de la materia prima (provoca que las sustancias distintas del colágeno se modifiquen y faciliten su eliminación en el lavado siguiente, se elimina la cal con un lavado que dura de 1 a 2 días con agua fría seguida de una neutralización con ácido clorhídrico o sulfuroso hasta que el colágeno se deshinche y pierda consistencia. Se realiza otro lavado con sulfato lumínico o sulfato de zinc diluido y con un pH de 5 a 8.

Para la extracción de colágeno en forma de gelatina se produce una serie de extracciones que comienzan de 54 a 60 °C de 3 a 5 horas y se sigue hasta ebullición, se lleva a cabo de 6 a 12 extracciones y cada una se procesa por separado ya que a una menor temperatura de extracción es de mejor calidad pero el rendimiento es bajo.

Después se puede llevar a cabo una desionización para que el contenido de cenizas sea menor al 0.5% para ello se pasa la solución a través de una resina de intercambio catiónico fuerte, intercalado con una resina de intercambio aniónico fuerte, con un tamaño de partícula de 20 a 50 mesh. También se puede ocupar una ultracentrífuga con membrana de exclusión para moléculas de peso molecular a 25000 Dalton.

Se produce a la etapa de concentración, donde el aumento de la temperatura en presencia de humedad produce una hidrólisis de los péptidos, lo que reduce la calidad de la gelatina y mientras que en un periodo excesivo permite el desarrollo microbiano y reduce la resistencia del gel. La solución concentrada se coloca en una plancha en la que se enfría y solidifica capas de 12 mm de espesor como máximo, se coloca en redes metálicas en unos marcos y se lleva a unos túneles de secado con aire lavado, filtrado y desecado a contracorriente, con un incremento de temperaturas gradual de 8 a 12 horas hasta que tenga el 10% de humedad.

La gelatina sólida se comercializa en laminas o se tritura en gránulos de 35-45 mallas o en polvo formando mezclas de las diferentes extracciones de la gelatina y tienen la presencia de otros aditivos este proceso puede tardar 6 meses.



2.11.1.2 Propiedades físicas de la gelatina

■ Color y solubilidad

La gelatina es un producto prácticamente insípido, inodoro e incoloro aunque tiende a un color pardo anaranjado la de menor calidad y además depende de la materia prima y de la extracción de la cual proviene, su densidad relativa oscila entre 1.3 - 1.4 Kg/l. Es insoluble en agua fría solo se hidrata, se dispersa cuando el agua se calienta a 71 °C y es soluble en polialcoholes y propilenglicol e insolubles en solventes orgánicos como bencenos, acetona, éter y tetracloruro de carbono. Esta sustancia depende del pH de la dispersión acuosa ya que actúa como ácido o como base (Ockerman y Hansen, 2000).

■ Viscosidad

La viscosidad de las soluciones de las distintas gelatinas depende de la concentración y temperatura. A cualquier concentración normalizada la viscosidad de la solución de una indicación medianamente exacta del peso molecular, al menos para gelatina de punto isoeléctrico similar (Rojas, 1979; Ockerman y Hansen, 2000).

■ Punto de fusión

El punto fusión depende del enlace más fuerte en el gel, mientras que la rigidez a una temperatura dada depende del número total de enlaces que existen a esa temperatura. Los fuertes enlaces formados cuando los geles maduran a temperaturas próximas al punto de fusión en las que el retículo del gel está abierto y las moléculas individuales tienen mayor movilidad, son probablemente resultado de un sistema de enlaces de hidrógeno altamente conjugados que se pueden formar más fácilmente en estas condiciones (Rojas, 1979; Ockerman y Hansen, 2000).

2.12 Consideraciones importantes en la elaboración de recubrimientos emulsificados

■ Estructurales

Los biopolímeros naturales de alto peso molecular son los responsables de proporcionar una matriz macromolecular con resistencia cohesiva la que a su vez depende de la



estructura química del polímero, masa molecular, geometría y distribución espacial de sus grupos funcionales. Los tipos de macromoléculas que se emplean para este propósito son hidrocoloides (proteínas, polisacáridos) los cuales debido a su naturaleza hidrofílica, son muy sensibles al agua. La función del hidrocoloide en las emulsiones es la de formar una cadena o red en donde puedan estar dispersas las moléculas hidrofóbicas. Un polímero de cadena lineal poco compacto forma un recubrimiento de baja funcionalidad, mientras que un polímero con elevado número de ramificaciones incrementa el nivel de cohesividad de las películas a medida que aumenta su concentración en la dispersión. Este efecto repercute en la funcionalidad de las películas terminadas al inducir la formación de estructuras resistentes.

■ **Fracción Volumétrica de la Fase dispersa**

La concentración de las gotas o partículas en una emulsión está dada por la fracción volumétrica de la fase dispersa (ϕ), que equivale al cociente del volumen de las gotas de la emulsión (VD) entre el volumen total de la emulsión (VE). El conocimiento del valor de ϕ es muy importante ya que la concentración de las gotas o partículas tiene una influencia determinante en la apariencia, textura, estabilidad y costos de los productos elaborados por emulsificación. En el caso particular de las formulaciones desarrolladas para la obtención de recubrimientos o películas comestibles, la homogeneidad de la distribución y el tamaño de las partículas hidrofóbicas dispersas se reflejará en las propiedades de barrera finales como la permeabilidad al vapor de agua y gases.

■ **Distribución del Tamaño de Partícula**

El tamaño de las partículas (glóbulos) que contiene una emulsión determina muchas de sus propiedades más importantes, por lo cual se requiere de un control confiable que permita medir y predecir el comportamiento de las partículas (Dickinson y Stainsby, 1988). Esta caracterización de las emulsiones es esencial ya que la mayoría de los tipos de inestabilidad usualmente se manifiestan primero en el comportamiento de las gotas grandes. En las películas y recubrimientos comestibles obtenidos por emulsificación, la transferencia de masa ocurre a través de la matriz estructural, la cual constituye la fase continua en la emulsión, así que el material permeante (gases o vapor de agua) seguirá una trayectoria que



estará determinada por el tamaño y la forma en que se encuentren dispersadas las partículas hidrofóbicas en el sistema.

■ Otros Ingredientes en la Formulación

Ciertos componentes se adicionan, en menores cantidades, las formulaciones de los recubrimientos para modificar las propiedades mecánicas; a estos compuestos se les clasifica como plastificantes y/o emulsificantes (Baldwin *et al.*, 1997).

Los compuestos lipofílicos se usan frecuentemente para ambos propósitos, e incluso pueden emplearse como el principal ingrediente formador de la película. Los plastificantes incrementan la flexibilidad de la cubierta, mejorando la dureza al disminuir la formación de escamas y grietas. A nivel molecular, estos compuestos debilitan las fuerzas intermoleculares entre las cadenas adyacentes del polímero. Los plastificantes lipídicos más comúnmente empleados incluyen aceites, lecitina, ceras, ácidos grasos y derivados (Kester y Fennema, 1986; Greener y Fennema, 1994).

Cualquiera que sea el propósito del aditivo, es importante considerar que siempre existe la posibilidad de que puede alterar adversamente las propiedades de resistencia al vapor de agua, gases o transporte de solutos. La influencia de un aditivo dado dependerá de su concentración, estructura química, grado de dispersión en la película y grado de interacción con el polímero (Kester y Fennema, 1986).

■ Mecanismos de Difusión en las Películas

Son varias las propiedades funcionales de una película o recubrimiento comestible que se relacionan con su resistencia al transporte de gases, vapor o solutos, por ello resulta conveniente tener presente en qué consiste el fenómeno y los términos adecuados que lo describen. Así entonces, la permeabilidad se define como la resistencia al flujo de un penetrante o permeante a través de un recubrimiento (película) impulsado por un gradiente de presión o concentración (Kester y Fennema, 1986; Greener y Fennema, 1994).

El transporte del permeante (vapor de agua o gas) puede ocurrir por dos mecanismos:



1. **Difusión activada.** Ocurre en ausencia de fracturas, poros u otras imperfecciones de la superficie del recubrimiento o película, e involucra en parte, la solubilización del penetrante en la matriz de la película (del lado de mayor concentración o presión); la difusión a través de toda la película es impulsada por el gradiente de concentración o presión y, finalmente, su liberación (evaporación) en el lado opuesto de la película.

2. **Difusión capilar** Esta domina en materiales que son porosos o que tienen imperfecciones como canales o fisuras. En este caso se considera que no existe interacción entre la barrera y el agente penetrante, y por consiguiente el paso de las sustancias es libre.

2.13 Principales propiedades de los recubrimientos comestibles

De acuerdo a Olivas y Barbosa Cánovas (2005), las películas comestibles aplicados en frutas cortadas producen una atmósfera modificada en la fruta, reducen el deterioro, retrasan la maduración de frutas climatéricas, reducen la pérdida de agua, retardan los cambios de color, mejoran la apariencia, disminuyen la pérdida de aromas, reducen el intercambio de humedad entre trozos de frutas, transportan compuestos antioxidantes y estabilizantes de la textura, imparten color y sabor, y pudieran servir como transporte de otras sustancias.

2.13.1 Propiedades de barrera

Las características funcionales más importantes de las películas comestibles para muchas aplicaciones es la resistencia a la migración de humedad (Kester y Fennema, 1936). La deshidratación superficial constituye uno de los principales problemas en el mantenimiento de la calidad de los productos cortados. La pérdida de agua de frutas y vegetales frescos cortados se traduce en una pérdida de peso y de turgor del producto con la consecuente disminución de la calidad durante su comercialización (Avena-Bustillos *et al.*, 1994). La naturaleza de las películas comestibles empleadas desempeñan un papel muy importante; a mayor hidrofobicidad de los materiales utilizados mayor permeabilidad al vapor de agua (Martin-Belloso *et al.*, 2005). Los recubrimientos elaborados a partir de polímeros naturales tales como los polisacáridos (almidón y derivados de las celulosas, alginatos,



pectinas, gelano, carragenano, etc.) 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 (Yang y Paulson, 2000). Para mejorar las propiedades de barrera al vapor de agua de este tipo de recubrimiento se pueden incorporar lípidos, que emulsificados en la solución formador de coberturas o formando una doble capa sobre el producto, pueden ayudar a prevenir reacciones degradativas del tejido como consecuencia de la pérdida de humedad, así como las reacciones respiratorias en los tejidos vegetales (García *et al.*, 2000; Rojas Graü *et al.*, 2006). De esta manera se pueden formular películas comestibles combinando las ventajas de los componentes hidrocoloides y de los lipídicos, estos últimos como barrera al vapor de agua y los primeros como barrera selectiva al oxígeno y al dióxido de carbono, además de proveer una matriz de soporte estructura (Kester y Fennema, 1986; Baldwin *et al.*, 1996).

Por otro lado, la habilidad de las películas comestibles para modificar el transporte de gases es importante para productos como frutos y vegetales frescos, los cuales son caracterizados por tener un metabolismo activo.

2.13.2 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de las películas comestibles dependen en gran medida del tipo de material empleado en su elaboración y principalmente en su grado de cohesión, es decir, la habilidad del polímero para formar puente moleculares numerosos y estables entre cadenas poliméricas, las cuales impiden su separación (Gilbert y Biquet, 1996). Las propiedades de 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 las películas comestibles, la naturaleza del alimento y el método de aplicación (Debeaufort *et al.*, 1998). Cuando el material empleado para recubrir se coloca 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 las películas comestibles gobierna las propiedades de barrera y mecánicas de las películas. Una alta capacidad de adhesión asegura una durabilidad larga de recubrimiento en la superficie de la fruta.



3. OBJETIVOS

Objetivo general.

Estudiar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina en la calidad y vida útil de zarzamora (*Robus fruticosus*) lista para consumir, envasada en charolas de PET y almacenada en refrigeración.

Objetivo particular 1.

Determinar los parámetros físicos, químicos y fisicoquímicos de la zarzamora en estado fresco que permita establecer su calidad comercial.

Objetivo particular 2.

Seleccionar la formulación de un recubrimiento comestible a base de gelatina (1, 2 y 3%) y los tiempos de inmersión (5 y 10 minutos) para la aplicación en zarzamora envasada en charolas de PET y almacenadas en refrigeración.

Objetivo particular 3.

Evaluar el efecto de la aplicación del recubrimiento comestible en los parámetros de calidad (pH, acidez, sólidos solubles, color, pérdida de peso, índice de decaimiento y desprendimiento de líquido), fisiológicos (respiración) de la zarzamora envasada en charolas de PET y conservada en refrigeración (5 °C, 85% HR).

Objetivo particular 4.

Establecer el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible en parámetros microbiológicos (mesófilos, coliformes, mohos y levaduras) de zarzamora lista para consumir.



4. MATERIALES Y MÉTODOS.4.1 Metodología.

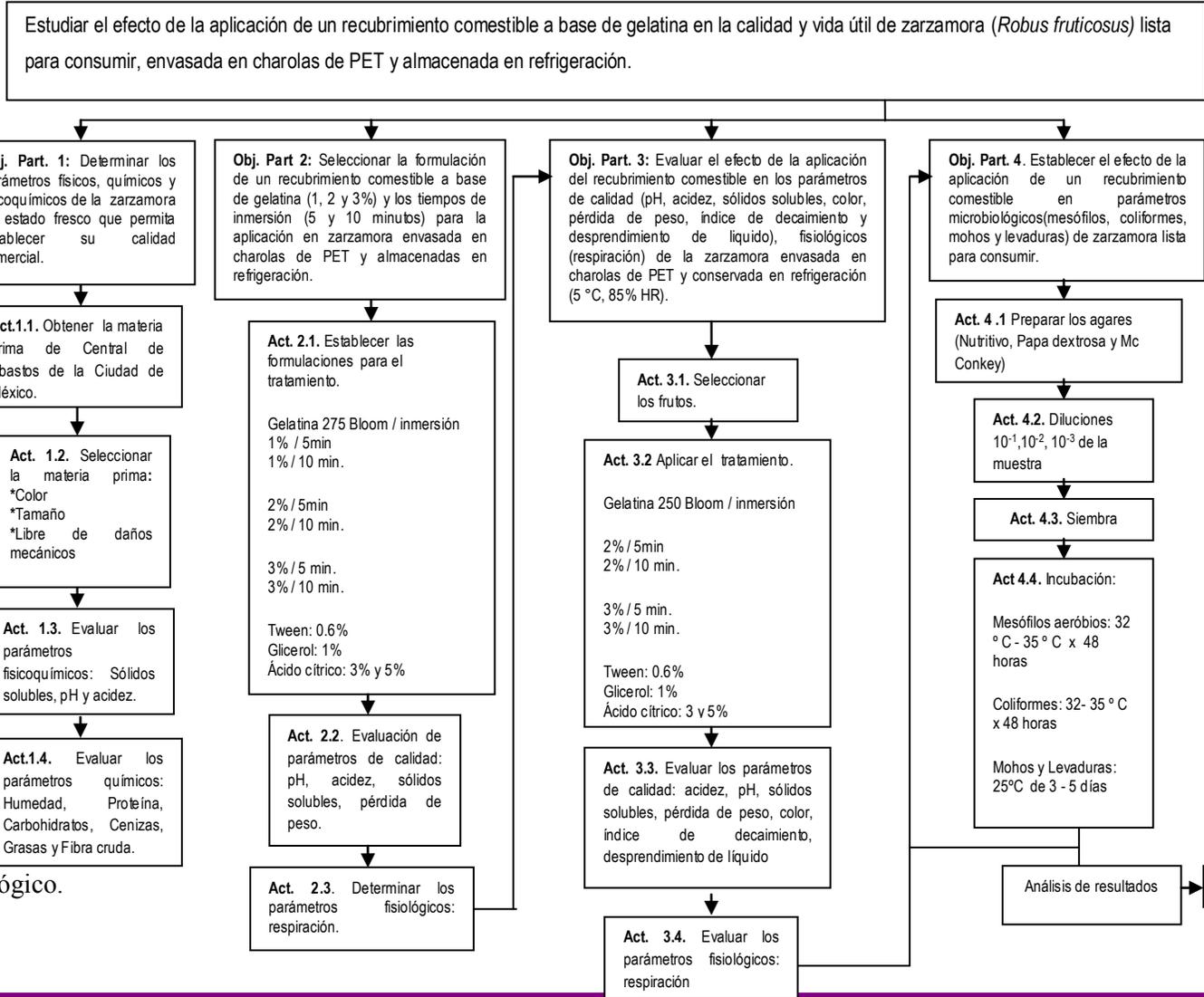


Figura 4. Cuadro metodológico.



4.2 Material biológico

Las zarzamoras variedad “Brazos” procedente de Michoacán y adquiridos en la Central de Abastos de la Ciudad de México fueron llevadas al Laboratorio de Postcosecha de productos Vegetales del Centro de Asimilación Tecnológica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, donde se acondicionaron para su posterior tratamiento.

4.3 Selección y acondicionamiento de la materia prima

Se seleccionaron cuidadosamente las zarzamoras, se eliminaron aquellas que presentaron lesiones mecánicas y se aceptaron las de apariencia firme exenta de hongos y de color característico, así como un olor agradable característico de las zarzamoras, las frutas seleccionadas fueron pesadas y se hicieron 240 lotes de 40 gramos cada uno.

4.4 Evaluación física, química y fisicoquímica de las zarzamoras

Para evaluar las características químicas y los parámetros de calidad se utilizaron zarzamoras previamente seleccionadas sin aplicación de recubrimiento comestible tomando 10 gramos para llevar a cabo cada evaluación. Los parámetros de calidad que se evaluaron fueron: pH, acidez, sólidos solubles, mientras que los parámetros químicos evaluados fueron: el contenido de humedad, azúcares totales, cenizas y proteínas de acuerdo a las técnicas analíticas descritas en los apartados 4.7.1 y 4.7.2, respectivamente.

4.5 Aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas en refrigeración

4.5.1 Selección del recubrimiento comestible

Se elaboró el recubrimiento comestible a base de gelatina, obtenida a partir de piel de vacuno de tipo B Wilson de 275 Bloom, marca Gelita. Se realizaron diferentes formulaciones para el recubrimiento de las zarzamoras. El porcentaje de los componentes se determinó de acuerdo al trabajo previo realizado por Pérez y Ramos (2006) sobre



recubrimiento comestible a base de gelatina aplicada a fresas con modificaciones (Tabla 11).

Tabla 11. Formulaciones evaluadas para la conservación de zarzamoras.

| Tratamientos | Gelatina % (p/v) | Tiempo de inmersión (min) | Ácido cítrico % (v/v) | Glicerol (%) | Tween (%) |
|---------------------------------|------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|-----------|
| Zarzamoras listas para consumir | 1 | 5 10 | 3 5 | 1 | 0,6 |
| | 2 | 5 10 | | | |
| | 3 | 5 10 | | | |
| Control | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |

Tween = Monoelato de polioxietilensorbitán

Al aplicar el tratamiento, se trabajó con glicerol y tween 60, éstos últimos utilizados para reducir la actividad acuosa superficial y como emulsificante, respectivamente. Posteriormente se seleccionaron las condiciones de concentración de gelatina y los tiempos de inmersión para la aplicación de los recubrimientos zarzamora.

4.5.2 Preparación del recubrimiento comestible

Se procedió a preparar el recubrimiento comestible de acuerdo al porcentaje establecido en la Tabla 11 la hidratación de la gelatina fue a 38°C con agitación constante, adicionando tween y glicerol, se mantuvo la agitación hasta obtener un recubrimiento comestible en zarzamoras.



4.5.3 Aplicación del recubrimiento comestible

En la Figura 5 se muestra el diagrama de bloques para la aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5° C y 85% de HR.

Selección de lotes

Los lotes se integraron por zarzamoras seleccionadas previamente, con características homogéneas tales como el color, tamaño, forma y libres de cualquier daño que alterara su aspecto e integridad.

Se tomaron 40 gramos de zarzamora previamente seleccionadas para integrar un lote de trabajo, considerando un lote para realizar cada una de las siguientes evaluaciones de acuerdo a las técnicas descritas en el apartado 4.7.2:

-  Parámetros de calidad: pH, acidez sólidos solubles, pérdida de peso.
-  Parámetros fisiológicos: respiración.

Las evaluaciones anteriores se realizaron aplicaron para cada concentración de gelatina con sus respectivos tiempos de inmersión, por lo que se trabajó con un total de 6 tratamientos con recubrimiento comestible y un grupo control sin recubrimiento.

Lavado y secado de las zarzamoras

Una vez seleccionadas, las zarzamoras fueron colocadas en recipientes con orificios y posteriormente se lavaron con un aspersor a fin de eliminar las impurezas que contenían estas procedentes de su recolección, tales como: tierra, hojas y piedras.



Los orificios permitieron el escurrimiento del agua y de las impurezas. El exceso de agua se eliminó por una corriente de aire proporcionada por un ventilador en un tiempo aproximado de 30 minutos.

Desinfección

Una vez limpias y exentas de pedúnculo, se procedió a desinfección de las zarzamoras por inmersión con un desinfectante comercial en la dosis indicada.

Características del desinfectante

Nombre comercial: Microdyn, plata ionizada

Formula: Agua bidestilada, grenetina de origen animal y plata ionizada al 0.35%

Aplicación del recubrimiento comestible

Una vez limpias, las zarzamoras se sumergieron en un recipiente que contenía el recubrimiento comestible de la formulación y tiempo correspondiente. La temperatura de aplicación del recubrimiento fue 25°C.

Secado de las zarzamoras con recubrimiento comestible

Las zarzamoras con recubrimiento se depositaron sobre rejillas, sobre la parte del pedúnculo para permitir un secado uniforme de los frutos tratados. El tiempo de secado fue de aproximadamente dos horas con ayuda de una corriente de aire proporcionada por un ventilador.

Almacenamiento en refrigeración

Posteriormente, las zarzamoras se colocaron en envases PET con 40 gramos de zarzamoras, el envase PET fue identificado con una etiqueta de acuerdo al tratamiento aplicado indicando la concentración de gelatina, tiempo de inmersión y almacenado en refrigeración a 5° C y HR de 85% por un periodo de 11 días.

MATERIALES Y MÉTODOS

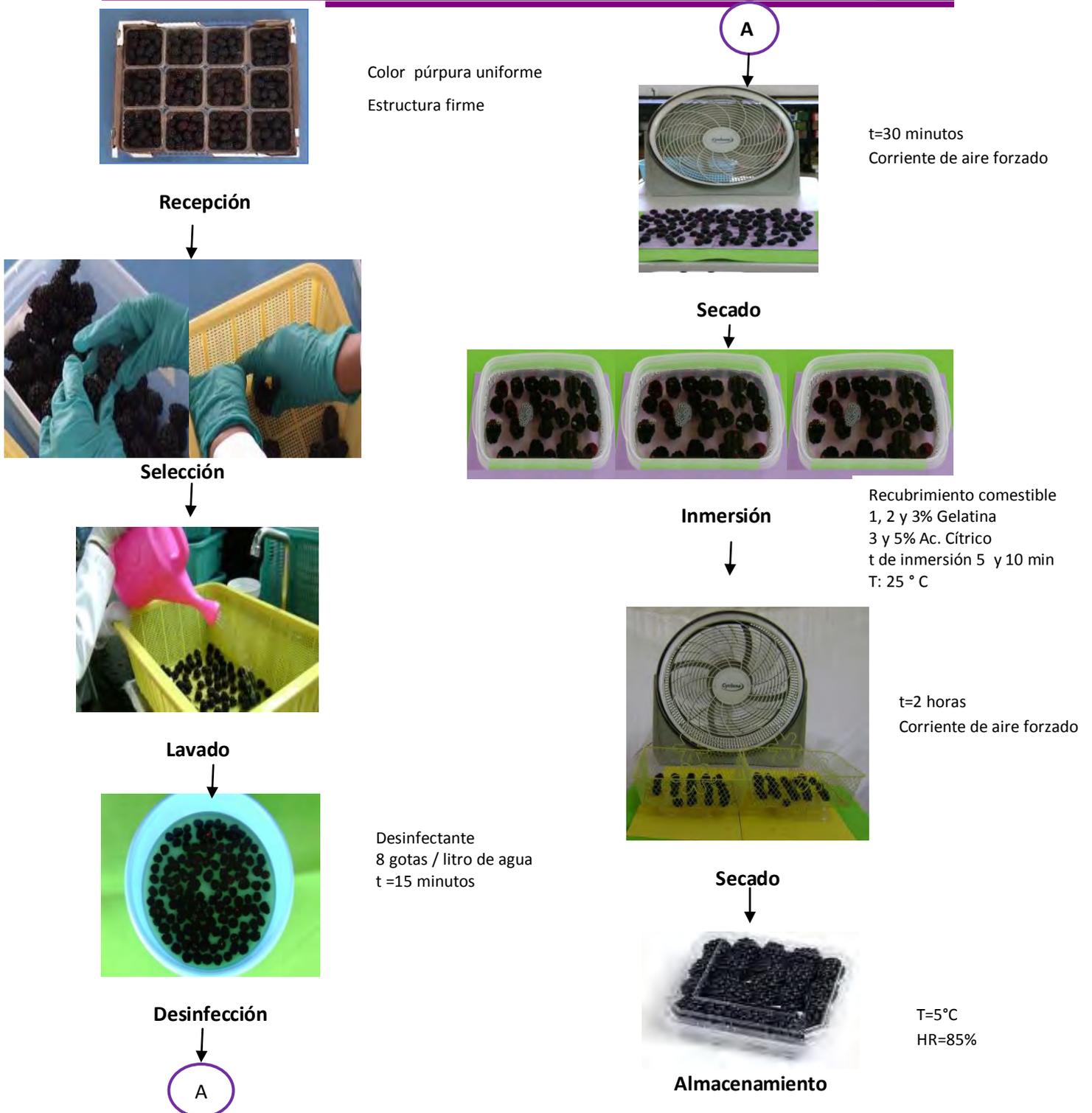


Figura 5. Aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5° C y 85% de HR



4.6 Evaluación del efecto de la película en los parámetros fisiológicos, de calidad y microbiológicos en las zarzamoras listas para consumir

Una vez seleccionadas las condiciones de concentración de gelatina y los tiempos de inmersión se procedió a aplicar nuevamente la película, con concentración del 2 y 3% de gelatina y 3% de ácido cítrico con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos, llevando a cabo un muestreo el primer, cuarto, séptimo y décimo primer día de almacenamiento. Se determinaron los parámetros de calidad: pH, acidez, sólidos solubles, color, % pérdida de peso, liberación de líquido. También se determinó la respiración por las técnicas descritas en el apartado 4.7.2.

Para evaluar la inocuidad del producto se realizaron los análisis microbiológicos al inicio y al final del tiempo de vida útil establecido previamente, se realizaron cuentas de: Mohos y levaduras, mesófilos aerobios y coliformes de acuerdo a la técnica descrita en el apartado 4.7.3.

4.7 Métodos analíticos

4.7.1 Evaluación química

▣ **Humedad.** Se determinó mediante la técnica de secado en estufa. Se calculó el porcentaje de agua por la pérdida de peso debida a su eliminación por calentamiento bajo condiciones normalizadas (Pearson, 1989). Los resultados se expresaron en g/100g de muestra.

▣ **Cenizas.** Se determinó el contenido de cenizas en las zarzamoras utilizando el método de Klemm. Se calcinó e incineró la muestra (en caso necesario tras su desecación) a 550°C en la mufla y se calculó el residuo inorgánico (Pearson, 1989). Los resultados se expresaron en g/100g de muestra.

▣ **Grasas.** La muestra previamente homogenizada, seca y pesada se sometió a una extracción con éter de petróleo, libre de peróxidos o mezcla de ambos.



Posteriormente se realizó la extracción total de la materia grasa libre por el método de Soxhlet (AOAC, 1980).

▣ **Fibra cruda.** El contenido de fibra cruda se determinó de acuerdo al método de Kennedy- Wendy, el cual se basa en la hidrólisis en medio ácido y en medio alcalino de una muestra desengrasada (Pearson, 1989). El contenido de fibra, fue expresado en g/100g de muestra.

▣ **Proteínas.** Se determinaron por el método de Lowry (Lowry, 1951). Esta técnica se basa en la reacción de las proteínas con cobre con solución alcalina y mediante reducción del reactivo de Folin–Ciocateau (Ácido fosfomolibdico fosfotúngstico), a heteropolimolibdeno azul por la oxidación de aminoácidos aromáticos que es catalizado por cobre. La reacción se lleva a cabo en medio alcalino (pH de 10-10.5). Se utilizó como estándar albúmina sérica bovina (SIGMA, St. Louis).

Los valores de concentración de proteínas se determinaron por interpolación gráfica en una curva patrón obtenida a 720 nm. Los resultados se expresaron en g/100g de muestra.

▣ **Carbohidratos.** Los azúcares reductores se determinaron por el método de Lane y Eynon. El cual se basa la propiedad que tienen los azúcares reductores para reducir el cobre que pasa de óxido cúprico (Cu^{+2}) a óxido cuproso (Cu^{+1}), en el que se observa un precipitado de color rojo ladrillo (Pearson, 1989). Los resultados se expresaron en g/100g de muestra.

4.7.2 Parámetros de calidad

▣ **Sólidos solubles.** El contenido de sólidos solubles fue medido directamente mediante un refractómetro Erma a 20°C, con escala de 0%-32% °Brix (Fig. 6). La medición se realizó colocando una gota del jugo extraído de las zarzamoras, el cual se tomó de 10 gramos de zarzamoras previamente homogenizadas, sobre la cara del



refractómetro y dirigiéndolo hacia la luz, se midió el contenido de sólidos solubles expresados en °Brix.



Figura 6. Refractómetro manual

■ **Acidez titulable.** La acidez se determinó por titulación con hidróxido de sodio 0.1 N y utilizando fenoftaleína como indicador (Fig. 7). Los resultados se expresaron en % de ácido málico (AOAC, 1990).



Figura 7. Determinación de la acidez titulable.

■ **pH.** Se determinó con un potenciómetro manual (marca HANNA) (Fig. 8), mediante la inmersión del electrodo en la muestra obteniendo lectura directa en el potenciómetro digital.



Figura 8. Potenciómetro manual.

■ **Determinación de color.** La determinación se llevó a cabo mediante la utilización de un colorímetro (marca Minolta, modelo CR-300) por el sistema Hunter Lab que representa la cromaticidad en coordenadas rectangulares (Mc Guire, 1992).

Los valores de **a** en abcisas se muestra desde los valores negativos para el verde a valores positivos para el rojo, los valores de **b** en ordenadas van desde el azul al amarillo y el parámetro **L** representa la luminosidad desde la reflexión nula ($L = 0$) a reflexión difusa perfecta ($L=100$).

El instrumento fue estandarizado con una placa de cerámica (Fig. 9). Las medidas de color fueron realizadas en la parte exterior y en la zona ecuatorial de las zarzamoras en tres lotes por cada tratamiento. Los valores **L**, **a** y **b** se utilizaron para calcular el tono (ángulo de Hue) donde Hue: 0 = rojo – púrpura, 90 = amarillo, 180 = azul-verde y 270 = azul. El croma indica la intensidad del color a saturación del color.



Figura 9. Colorímetro marca Minolta modelo CR-300.

❏ **Pérdida de peso.** Se evaluó mediante diferencia entre pesos, tomando como base el peso inicial de cada una de la charolas menos su peso final (Fig. 10). El resultado se expresó como % de pérdida de peso durante el almacenamiento. La determinación se realizó para cada tratamiento, así como para el grupo control, en todos los días del almacenamiento con un total de 3 muestras para cada tratamiento (Pérez *et al.*2003a).



Figura 10. Determinación de la pérdida de peso.



▣ Índice de decaimiento.

Se evaluó durante todos los días de almacenamiento mediante el nivel de daño por ataque fúngico en las zarzadoras utilizando una escala subjetiva que se muestra en la Tabla 12 (Quevedo-Preciado *et al.*, 2005).

Tabla12. Escala de índice de decaimiento

| Nivel de daño | Significado |
|---------------|---|
| 1 | No hay daño en el fruto. |
| 2 | Daños = 25% de la superficie del fruto. |
| 3 | Daños del 25 - 50% de la superficie del fruto. |
| 4 | Daños 50 - 75% de la superficie del fruto. |
| 5 | Daños del 75 - 100% de la superficie del fruto. |

Índice de decaimiento = (No de frutos x Nivel de daño)/ No. De frutos totales.

▣ **Desprendimiento de líquido.** Para evaluar el desprendimiento de líquido se colocaron papeles filtro a peso constante en la base del envase PET, y posteriormente se acomodaron sobre ellos 41 g de zarzadoras tomando su peso inicial. Posteriormente, se determinó el peso de los papeles cada día de muestreo y se calculó el porcentaje de desprendimiento de líquido por diferencia de pesos entre el peso final e inicial de los papeles filtros (González-Aguilar *et al.*, 2004). Expresando los resultados en porcentaje de desprendimiento de líquido.

▣ **Respiración.** Se evaluó en función de la producción de CO₂, para su cuantificación se conectó a la salida del frasco que contiene la muestra un analizador



de gas por infrarrojo (marca Nitec) (Fig.11). Los resultados se expresaron en mg de CO₂ / Kg PF h.



Figura 11. Analizador de gas por infrarrojo.

4.7.3 Determinación de calidad microbiológica.

La determinación de calidad microbiológica (Fig. 11) se realizó el 1^{er} y 11^o día de almacenamiento, los análisis realizados fueron:

- Coliformes totales: utilizando Agar selectivo diferencial Mac Conkey a una temperatura de incubación de 37°C por 24 – 48 horas de incubación de acuerdo a la norma NOM-113-SSA-1994 (SSA, 1994a).
- Mohos y Levaduras utilizando Agar selectivo diferencial Papa dextrosa a una temperatura de incubación de 25°C por 5 días de incubación de acuerdo a la norma NOM-111-SSA 1994 (SSA, 1994b).
- Mesófilos aerobios. utilizando Agar Nutritivo a una temperatura de incubación de 37°C por 24-48 horas de incubación (Lamikanra *et al.*, 2000; Pascual y Calderón, 1999).

Se realizaron diluciones hasta 10⁻³.



Figura 12. Determinación de la calidad microbiológica en zarzamoras

4.7.4 Análisis Estadístico.

Los experimentos se realizaron por triplicado con el fin de obtener resultados significativos y con ello realizar un análisis estadístico confiable y representativo. Se aplicó a los datos obtenidos al análisis estadístico de varianza (ANOVA) y se realizaron pruebas de rango múltiple para establecer la diferencia significativa entre los diferentes tratamientos estudiados. Este análisis se llevó a cabo por medio del programa estadístico SPSS 15 for Windows Student Versión.



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1 Caracterización química de la zarzamora

La composición química de los frutos depende principalmente del manejo que se dé en campo a las plantaciones, se sabe que durante el desarrollo de los mismos se dan importantes cambios en los diferentes componentes (Hulme, 1970; Livera y Lagunes, 1999; Saucedo, 1999). En la Tabla 13 se muestra la composición química de la zarzamora variedad 'Brazos', utilizada en el presente trabajo. Se observó que, la mayor parte comestible de las zarzamoras estuvo constituida por agua, es el elemento fundamental del medio celular, interviene en todos los procesos metabólicos, en el equilibrio osmótico; participa en la regulación térmica, en la secreciones digestivas, en la eliminación de residuos (Cheftel, 1989).

Los carbohidratos fueron el segundo componente químico más importante. Los carbohidratos están constituidos por algunos azúcares que son más abundantes en casi todos los productos vegetales como la sacarosa, glucosa y fructosa. También pueden encontrarse cantidades traza de otros como: xilosa, manosa, arabinosa, galactosa, maltosa, sorbosa (Fennema, 2000).

Tabla 13. Composición de las zarzamoras.

| Componentes | g/100g de muestra |
|-------------------------|-------------------|
| Humedad | 84.43 ± 0.06 |
| Azúcares totales | 7.60 ± 0.06 |
| Grasas | 0.26 ± 0.02 |
| Proteínas | 0.61 ± 0.05 |
| Cenizas | 0.56 ± 0.04 |
| Fibra cruda | 6.40 ± 0.89 |

Los valores muestran la media de tres réplicas ± desviación estándar.



Las proteínas solo representaron el 0.6 % del peso fresco de la zarzamora. La mayoría de las proteínas presentes en la zarzamora juegan el papel de enzimas que intervienen en los procesos de senescencia.

La fibra dietética está constituida, por las sustancias estructurales de las células vegetales que resisten el ataque de las enzimas digestivas. De ella forman parte los polisacáridos estructurales de la pared celular y la lignina. Las zarzamoras presentaron un 6.4% de fibra cruda, valor que es importante porque contribuye al aporte en fibra dietética al consumidor.

Las cenizas fueron las que se presentaron en menor cantidad en zarzamoras. Las cenizas contienen diversos elementos minerales esenciales; calcio, sodio, potasio, hierro, flúor, magnesio, cobalto y cloro. Las zarzamoras son ricas en potasio, este se encuentra combinado con otros ácidos orgánicos. El pH de los tejidos de las frutas está controlado por el equilibrio potasio/ácidos orgánicos, y las elevadas concentraciones de potasio pueden contribuir a la presión sanguínea en los humanos. Las cantidades de potasio que contiene ayudarán a la generación y transmisión del impulso nervioso, así como también a personas con grandes actividades musculares (Fourie, 1998).

5.2 Características fisicoquímicas

La calidad final de consumo de las frutas y vegetales no pueden ser determinadas en forma precisa únicamente por factores de apariencia se debe buscar un punto medio entre la madurez y la calidad óptima (Kader, 1992).

La determinación del contenido de pH, acidez titulable y los sólidos solubles, son parámetros medibles y constituyen índices muy utilizados para decir la época de corte, están relacionados con las sensaciones que despierta el consumo, por lo que resulta también importante cuando los frutos van a ser utilizado para procesamiento industrial (Almaguer, 1998; Díaz, 2002; Pantastico, 1975; Wills *et al.* 1998).

En la Tabla 14 se muestra las características fisicoquímicas obtenidas para las zarzamoras variedad 'Brazos' la cual fue utilizada en el presente trabajo.



La calidad de una fruta se define como una combinación de características, atributos y propiedades que le darán un valor como alimento. La calidad se asocia con una buena apariencia, firmeza, sabor, valor nutritivo y la seguridad que ofrece al consumidor (Flores, 2000).

Tabla 14. Parámetros fisicoquímicos de las zarzamoras.

| Parámetros de calidad | |
|------------------------------------|-----------|
| pH | 3.80±0.02 |
| Sólidos solubles (°Brix) | 9.00±0.58 |
| Acidez titulable (ácido málico) | 0.38±0.01 |

Los valores muestran la media de tres réplicas ± desviación estándar y n=100.

La zarzamora presentó un pH ácido y una acidez titulable de 0.58%, valores que hacen que este fruto sea ligeramente ácido. Sin embargo, la zarzamora se considera un fruto dulce, ya que presentó valores de sólidos solubles de más de 10°Brix.

La cantidad de sólidos solubles en el jugo de los frutos es de los índices de madurez más usuales, donde los azúcares son los principales componentes, generalmente, a medida que los frutos maduran, los niveles de sólidos solubles en las vacuolas celulares se incrementan, mientras la acidez se reduce (Díaz, 2002; Riugo, 1993).

La acidez expresada en acidez titulable (AT), proporciona una acidez no combinada con cationes es un indicador bastante objetivo de madurez-cosecha de los frutos y en algunos casos esos valores se relaciona con el contenido de azúcares. Una recolección demasiado temprana da lugar a niveles de ácidos demasiado altos y las tardías a pocos ácidos (Díaz, 2002; Hobson, 1993).

El pH influye en la estabilidad de las vitaminas y antocianos de las zarzamoras dependiendo de la variación de este, pueden destruirse (Barrera, 2003).



5.3 Selección de las condiciones para la aplicación de un recubrimiento comestible en zarzamoras almacenadas en envases PET y conservadas en refrigeración

Para la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina, se evaluaron diferentes concentraciones de gelatina, ácido cítrico y dos tiempos de inmersión. Se determinó el efecto de cada una de estas condiciones en los parámetros de calidad más relevantes como son: sólidos solubles, pH y acidez, parámetros relacionados con el sabor del fruto, así como el porcentaje de pérdida de peso, que es uno de los principales problemas durante el almacenamiento de estas frutas.

5.3.1 Efecto en los sólidos solubles

Los sólidos solubles están formados, fundamentalmente por los azúcares reductores y no reductores y por los ácidos orgánicos. La concentración de sólidos solubles de los frutos se expresa en °Brix. Este índice está estrechamente ligado al estado de madurez de un fruto, pues valores elevados de °Brix, indicarán un alto contenido de azúcares provenientes de una degradación de carbohidratos complejos. El contenido de sólidos solubles aumenta hasta alcanzar máximo y después se mantiene o disminuye cuando avanza la maduración (Primo, 1997).

En la figura 13, se observa el efecto de aplicación del recubrimiento comestible en zarzamoras conservadas en envases PET sobre el contenido de sólidos solubles durante 11 días de almacenamiento. Se encontró un efecto de la concentración de gelatina, el % de ácido cítrico y por los tiempos de inmersión en los sólidos solubles de la zarzamora.

Al inicio del almacenamiento el control registró valores de 9.3 °Brix. El tratamiento al 1% de gelatina (Fig.13A) con 3% de ácido cítrico y tiempos de inmersión de 5 minutos presentaron un valor de 8, mientras que con tiempos de inmersión de 10 minutos se obtuvo un valor de 8.4. La concentración de 5% de ácido cítrico registró valores de 9.6°Brix con tiempos de inmersión de 5 minutos, mientras que a los 10 minutos los



sólidos solubles fueron de 9.55 °Brix. Esto indicó que la concentración de ácido cítrico afectó el valor de sólidos solubles al igual que los tiempos de inmersión, se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en los valores registrados por 5% de ácido cítrico y tiempos de inmersión de 10 minutos con respecto al control.

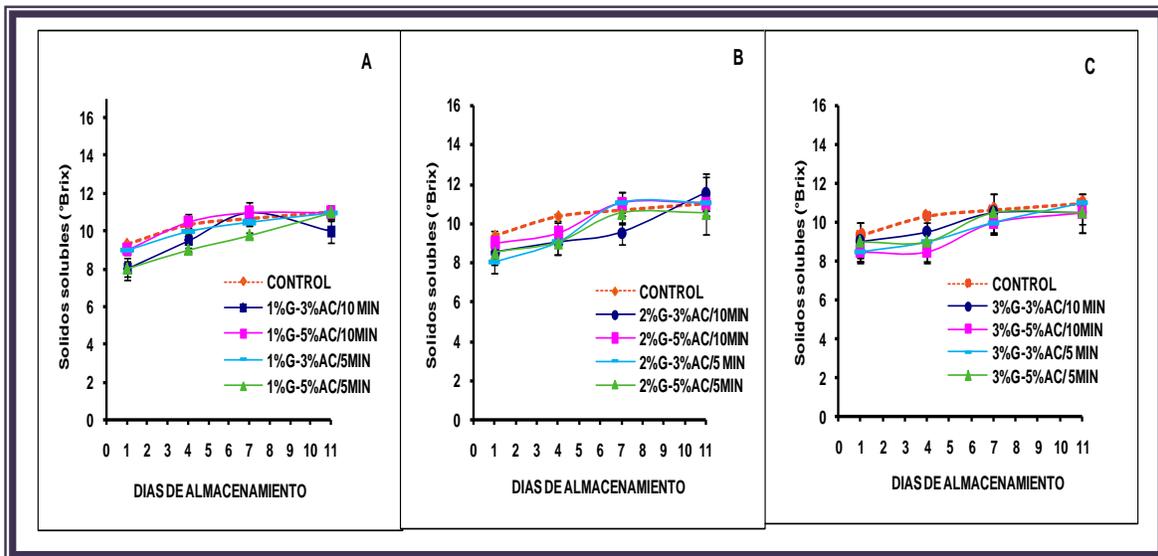


Figura 13. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1(A), 2(B) y 3%(C) en el contenido de sólidos solubles de zarzamoras conservadas en envases PET almacenadas a 5° C y 85% de HR

Las zarzamoras con tratamiento al 2% de gelatina (Fig. 13B) con 3% de ácido cítrico y 5 minutos de inmersión mostraron un valor de 7.3°Brix, mientras que a los 10 minutos de inmersión se encontró 8.7°Brix. El tratamiento con 5% de ácido cítrico y 5 minutos de inmersión alcanzó un valor de 8.3°Brix, en tanto que a 10 minutos de inmersión se obtuvo un valor de 8.9°Brix. Se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los valores del 3% de ácido cítrico con tiempos de inmersión de 5 minutos con respecto al control.

Al aplicar el tratamiento al 3% de gelatina (Fig. 13C) con 3% de ácido cítrico y 5 minutos de inmersión los sólidos solubles registrados fueron 8.1°Brix, mientras que a 10 minutos de inmersión fueron de 8.8°Brix. Al aplicar 5% de ácido cítrico y 5 minutos de inmersión



se observó un valor de 8.7°Brix, mientras que a 10 minutos de inmersión se alcanzó un valor 8.9°Brix. Sin presentar diferencia significativa ($p \geq 0.05$) con respecto al control.

Durante el almacenamiento se observó un ligero aumento en los sólidos solubles tanto de las zarzamoras con tratamiento y las zarzamoras sin tratamiento. Al inicio del almacenamiento el control presentó 9 °Brix, al cuarto día 10.3 °Brix y 11 °Brix al décimo primer día de almacenamiento.

Al final del almacenamiento no se presentó diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre cada uno de los tratamientos y el grupo control, alcanzando valores de 11 °Brix tanto las zarzamoras con recubrimiento y sin tratamiento. Por lo que, se infiere que durante el almacenamiento la concentración del recubrimiento no tuvo efecto sobre la estructura y el metabolismo de las zarzamoras debido a que este parámetro no se ve afectado por las concentraciones de gelatina y ácido, así como por los tiempos de inmersión.

La aplicación del recubrimiento comestible no modificó la concentración de sólidos solubles durante el almacenamiento, ya que presentó un ligero aumento que se espera durante la maduración esto debido a que la protopectina en las paredes celulares se hidroliza a pectinas solubles (Díaz, 2002).

Al comparar los resultados con un tipo de recubrimiento aplicado en limones mexicanos producido en Apatzingán, Michoacán, con recubrimientos a base de 1;mezquite [Candelillas-Aceite mineral (1:1)], mezquite, (2) mezquite [Candelilla-aceite mineral(2:1)], (3)candelilla con tween 60 - span 60, 4: cera comercial, no encontraron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) que pudiera atribuirse al efecto de los tratamientos en el contenido de sólidos solubles en todas las muestras a lo largo del almacenamiento (Domínguez *et al.*, 2003), estos resultados fueron similares al presente trabajo ya que los tratamientos no afectaron este parámetro.



5.3.2 Efecto en la acidez

Los vegetales contienen pequeñas cantidades de ácidos orgánicos que actúan como intermediarios metabólicos que pueden acumularse en forma de vacuolas. La acumulación de ácidos orgánicos imparte un sabor ácido o agrio.

Los ácidos más ampliamente distribuidos y más abundantes son el cítrico y el málico. La acidez total disminuye en la mayoría de las frutas durante la maduración (Fennema, 2000).

El efecto que tuvo la aplicación del recubrimiento comestible en la acidez de las zarzamoras, expresado en porcentaje de ácido málico cuyo contenido fue disminuyendo conforme a los días de almacenamiento presentado el siguiente comportamiento.

En la figura 14, al inicio del almacenamiento el grupo control presentó un valor de acidez de 0.13, mientras que las zarzamoras con recubrimientos disminuyeron ligeramente su acidez. Las zarzamoras con tratamiento al 1% de gelatina (Fig. 14A) con 3% de ácido cítrico y tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos, obtuvieron valores de 0.13. Para los tratamientos con 5% de ácido cítrico y 5 minutos de inmersión se registraron valores de 0.14, mientras que para 10 minutos de inmersión fue de 0.12.

Las zarzamoras con el tratamiento al 2% de gelatina (Fig. 14B) con 3% de ácido cítrico y 5 minutos de inmersión mostraron un valor de 0.13, mientras que a los 10 minutos de inmersión fue de 0.14. Las zarzamoras con el tratamiento a 5% de ácido cítrico y 5 minutos de inmersión presentaron valores de 0.14, mientras que a 10 minutos fue de 0.12. No encontrándose efecto significativo ($p \geq 0.05$) ni por la concentración de ácido cítrico, ni por el tiempo de inmersión.

Por otra parte, las zarzamoras con el tratamiento al 3% de gelatina (Fig. 14C) con 3% de ácido y tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos de inmersión valores de 0.13. Al 5% de ácido cítrico y 5 minutos de inmersión de registraron valores de 3.75 y a los 10 minutos de inmersión de 3.8. No encontrándose efecto significativo ($p \geq 0.05$) ni por la concentración de ácido cítrico, ni por el tiempo de inmersión.

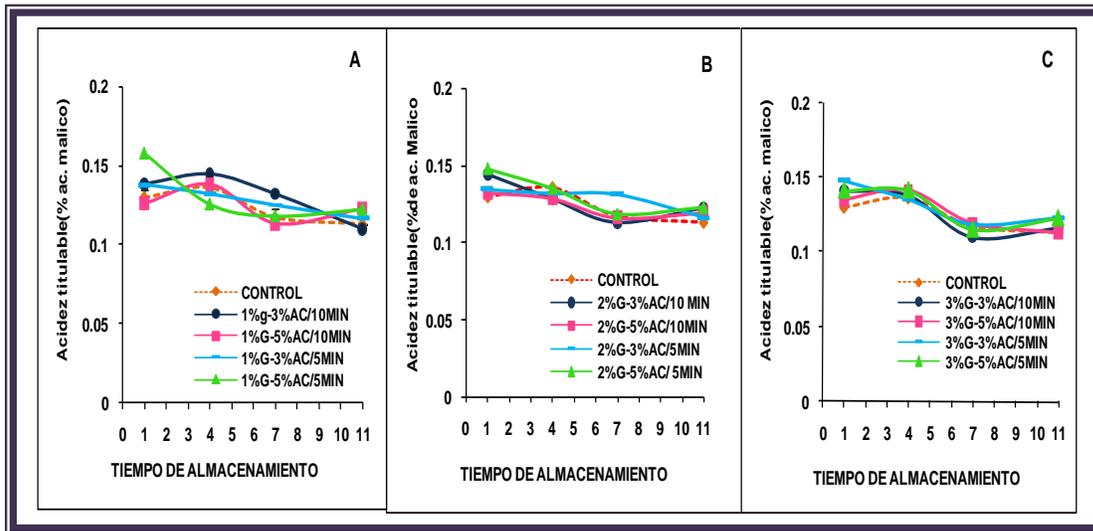


Figura 14. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1(A), 2(B) y 3%(C) en acidez de zarzamoras conservadas en envases PET almacenadas a 5° C y 85% de HR

Al final del almacenamiento las zarzamoras sin tratamiento presentaron valores de 4.2. Las zarzamoras con tratamiento al 1% de gelatina (Fig. 14A) con 3% de ácido cítrico presentaron un valor de 0.11 para 5 y 10 minutos de inmersión. Al 5% de ácido cítrico fue de 0.12, para 5 y 10 minutos de inmersión.

Para las zarzamoras con el tratamiento al 2% de gelatina (Fig. 14A) con 3% de ácido cítrico presentaron valores de 0.11 y 0.12% para 5 y 10 minutos de inmersión, respectivamente; mientras que al 5% de ácido cítrico se encontraron 0.12 y 0.11% para 5 y 10 minutos de inmersión, respectivamente.

Al aplicar el tratamiento de 3% de gelatina (Fig. 14B) con 3% de ácido cítrico se registraron valores de 0.12 y 0.11%, para 5 y 10 minutos de inmersión, respectivamente; mientras que al 5% de ácido cítrico se observaron valores de 0.11 y 0.10% para, 5 y 10 minutos de inmersión. Estadísticamente se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$)



únicamente entre el tratamiento al 3% de gelatina con 3% de ácido cítrico con respecto al control.

La tendencia durante el almacenamiento indicó la reducción del porcentaje de acidez como respuesta normal al proceso de maduración que siguen los frutos, en donde los ácidos orgánicos son utilizados en la respiración o convertidos en azúcares, los ácidos pueden ser considerados como una reserva energética más de la fruta, siendo por consiguiente de esperar que su contenido decline en el periodo de actividad metabólica, La concentración de ácido cítrico no afectó de manera significativa este parámetro. Se infiere que no se retrasó la maduración de las zarzamoras al aplicar el tratamiento ya que la tendencia que siguen las zarzamoras con recubrimiento y sin tratamiento no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$).

Pérez *et al.* (2003a) estudiaron el efecto del uso de cera comestible en las características fisicoquímicas de melón cantaloupe, ellos observaron una disminución en la acidez durante la maduración, no se vio afectado este parámetro al aplicarle el tratamiento, las zarzamoras con tratamiento, así como el grupo control presentaron esta misma tendencia, no viéndose afectados por el recubrimiento.

5.3.3 Efecto en el pH

La medición pH se traduce en conocer el ion hidrógeno que es de utilidad para la conservación de alimentos y en el deterioro de estos, ya que pueden presentarse cambios debidos a la acción enzimática y el desarrollo de microorganismos. La intensidad de estos cambios dará como resultado una marcada concentración del ion hidrógeno (Egan, 1988).

Se demostró que el recubrimiento no provocó modificaciones en este parámetro ya que las zarzamoras con los tratamientos, así como el control incrementaron sus valores en pH a lo largo del almacenamiento, por lo que podemos decir que el recubrimiento no afectó el curso de la maduración de las zarzamoras.



En la figura 15, al inicio del almacenamiento el grupo control presentó un valor de pH de 3.9, mientras que las zarzamoras con recubrimientos disminuyeron ligeramente su pH. Las zarzamoras con tratamiento al 1% de gelatina (Fig. 15A) con 3% de ácido cítrico y 5 minutos de inmersión registraron un valor de 3.8, mientras que a 10 minutos de inmersión se obtuvieron valores de 3.7. Para los tratamientos con 5% de ácido cítrico y 5 minutos de inmersión se registraron valores de 3.8, mientras que para 10 minutos de inmersión fue de 3.7. Se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el tratamiento al 3% de ácido cítrico con tiempos de inmersión de 5 minutos con respecto al control.

Las zarzamoras con el tratamiento al 2% de gelatina (Fig. 15B) con 3% de ácido cítrico y 5 minutos de inmersión mostraron un valor de 3.9, mientras que a los 10 minutos de inmersión fue de 3.7. Las zarzamoras con el tratamiento a 5% de ácido cítrico y 5 minutos de inmersión presentaron valores de 3.9, mientras que a 10 minutos fue de 3.8. No encontrándose efecto significativo ($p \geq 0.05$) ni por la concentración de ácido cítrico, ni por el tiempo de inmersión.

Por otra parte, los frutos con el tratamiento al 3% de gelatina (Fig. 15C) con 3% de ácido se alcanzaron un valor de 3.75 a 5 minutos de inmersión, mientras que para los 10 minutos se obtuvieron valores de 3.7. Al 5% de ácido cítrico y 5 minutos de inmersión de registraron valores de 3.75 y a los 10 minutos de inmersión de 3.8. No encontrándose efecto significativo ($p \geq 0.05$) ni por la concentración de ácido cítrico, ni por el tiempo de inmersión.

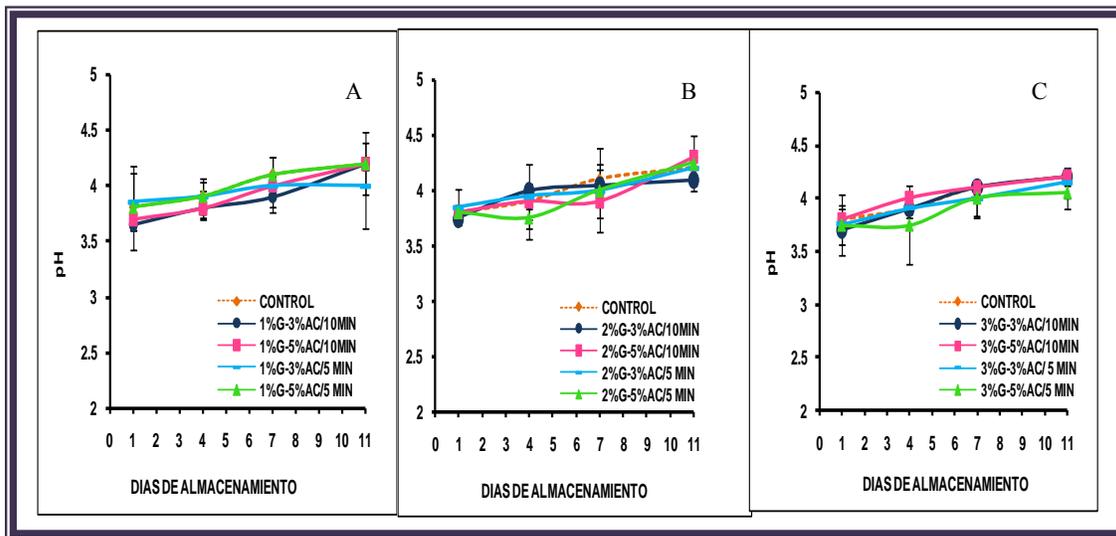


Figura 15. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1(A), 2(B) y 3%(C) en el pH de zarzamoras conservadas en envases PET almacenadas a 5° C y 85% de HR

A lo largo del tiempo de almacenamiento se observaron ligeros cambios en el pH de los frutos, en las diferentes condiciones de tratamiento, sin embargo el efecto no fue significativo ($p \geq 0.05$) con respecto a las zarzamoras sin recubrimiento.

Al final del almacenamiento las zarzamoras sin tratamiento presentaron valores de 4.2. Las zarzamoras con tratamiento al 1% de gelatina (Fig. 15A) con 3% de ácido cítrico y 5 minutos de inmersión presentaron un valor alrededor de 4.0, mientras que a los 10 minutos de inmersión fue de 4.1. Al 5% de ácido cítrico fue de 4.1, para 5 y 10 minutos de inmersión, respectivamente.

Para las zarzamoras con el tratamiento al 2% de gelatina (Fig. 15A) con 3% de ácido cítrico presentaron valores de 4.2 y 4.1 para 5 y 10 minutos de inmersión, respectivamente; mientras que al 5% de ácido cítrico se encontraron 4.3 y 4.1 para 5 y 10 minutos de inmersión, respectivamente. Estadísticamente se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el tratamiento al 3% de ácido cítrico con 5 minutos de inmersión con respecto al control.



Al aplicar el tratamiento de 3% de gelatina (Fig. 15B) con 3% de ácido cítrico a las zarzamoras se registraron valores de 4.1 y 4.2, para 5 y 10 minutos de inmersión, respectivamente; mientras que al 5% de ácido cítrico se observaron valores de 4.0 y 4.2 para 5 y 10 minutos de inmersión. No se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) por la aplicación del tratamiento.

Durante el almacenamiento la concentración de ácido cítrico utilizado en el recubrimiento comestible no afectó el valor del pH de las zarzamoras con tratamiento de manera significativa, ya que se mostró una tendencia hacia el aumento, por lo que el recubrimiento no causó efecto en el proceso de maduración. Ésta tendencia la siguen todos los frutos hasta la senescencia, observándose un solamente un ligero aumento al final del almacenamiento. El pH, la acidez titulable y los sólidos solubles contribuyen al sabor de la fruta, por lo que se puede decir que no se vería afectada la aceptabilidad del fruto por el consumidor.

Pérez *et al.* (2003a) en estudios ceras aplicadas a melón Cantaloupe observaron que los valores de pH presentaron pocas variaciones entre los tratamientos y el control incrementándose durante el almacenamiento. Estos resultados son similares a los encontrados en el presente trabajo aunque las zarzamoras son de diferente naturaleza química, se puede decir que la película a base de cera y la película a base de gelatina aplicada en este trabajo no retrasaron la maduración del fruto.

5.3.4 Pérdida de peso

Las frutas o verduras cosechadas y almacenadas en un lugar abierto continúan perdiendo humedad y desprovistos de su suministro de agua, se deshidratan. El tejido vegetal adquiere una apariencia flexible y sin vida. Mientras las células del tejido de la planta permanezcan vivas, el contenido de agua puede aumentar o disminuir mucho y rápidamente sin producir un daño irreparable (Charley, 1989).



En la figura 16 se muestra que en el primer día de almacenamiento las zarzamoras no se vieron afectadas en su peso por los tratamientos aplicados, ya que no presentaron pérdida de peso.

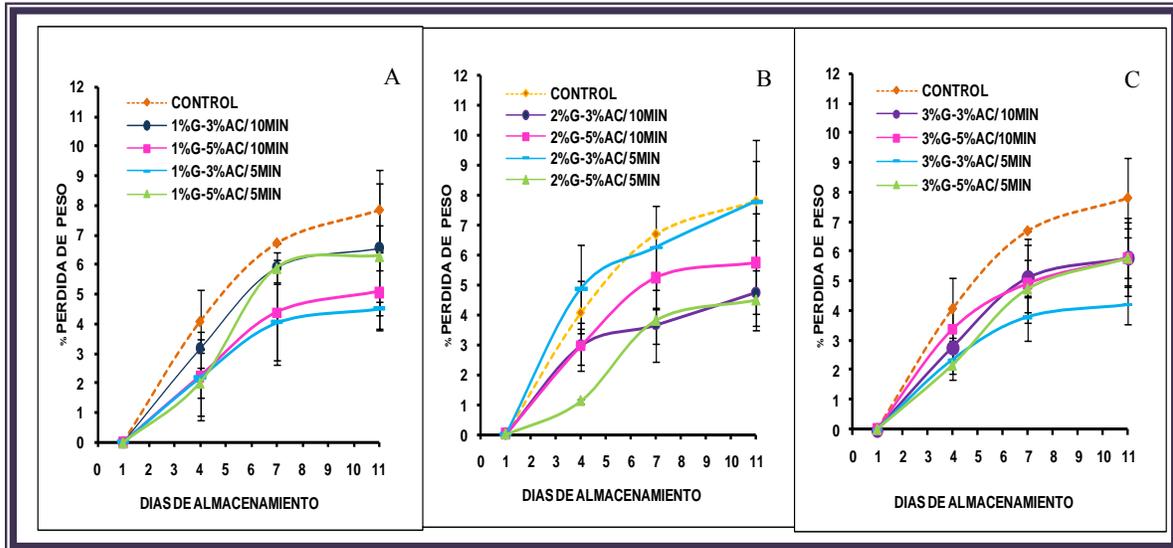


Figura 16. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1 (A), 2 (B) y 3% (C) en la pérdida de peso de zarzamoras conservadas en envases PET, almacenadas a 5° C y 85% de HR.

A lo largo del periodo de almacenamiento los frutos sin tratamiento presentaron pérdidas de 4.1 y 6.7% para el 4° y 7° día, presentando una mayor pérdida de peso que las zarzamoras con los diferentes tratamientos, encontrándose diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre estos y el control.

Al final del almacenamiento, el control registró una pérdida de peso de 7.83%. Las zarzamoras con tratamiento al 1% de gelatina (Fig. 16A) con 3% de ácido cítrico registró pérdidas de 4.27 y 6.55%, para 5 y 10 minutos de inmersión, respectivamente. En tanto que las concentraciones 5% de ácido cítrico presentó una pérdida de peso de 4.81 y 5.0%, para los tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos, respectivamente. Observándose una menor pérdida de peso al 3% de ácido cítrico y 5 minutos de tiempo de inmersión, lo que representó un 46.36% menor pérdida de peso con respecto al control.



Al aplicar el tratamiento a las zarzamoras al 2% de gelatina (Fig.16B) con 3% de ácido cítrico alcanzó una pérdida de peso de 7.78 y 4.73 %, para 5 y 10 minutos de inmersión, respectivamente. Para 5% de ácido cítrico se registraron pérdidas de 4.49 y 5.73%, para los tiempos de 5 y 10 minutos, respectivamente.

Las zarzamoras con 3% de gelatina (Fig. 16C) y 3% de ácido cítrico alcanzaron valores de 4.19 y 5.71% para los tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos, respectivamente. Mientras que al 5% de ácido cítrico alcanzaron una valor alrededor de 5.77 para 5 y 10 minutos de inmersión. Encontrándose que al 3% de gnetina y 3% de ácido cítrico con 5 minutos de inmersión fue la menor pérdida de peso, lo que representó un 49% menos con respecto al control.

Se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el control y el tratamiento al 3% de gelatina con 3% de ácido cítrico tiempos de inmersión de 5 minutos, y estos con respecto a los tratamientos restantes los cuales no presentan diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre ellos.

La aplicación del recubrimiento comestible afectó significativamente ($p \leq 0.05$) la pérdida de peso, ya que los recubrimientos ayudaron a disminuir la transpiración de las frutas, ayudando de esta manera a disminuir la pérdida de agua y por lo tanto, la velocidad de marchitamiento. La pérdida de peso se vio disminuida, tanto por la concentración de gelatina, concentración de ácido cítrico y los tiempos de inmersión, ya que la concentración de 2 y 3% de gelatina con 3% de ácido cítrico, fue la condición que presentó la menor pérdida de peso. Sin embargo, fue importante el control de la H.R. y la temperatura, ya que cuando el aire ambiente no está saturado de vapor de agua, tiende a tomar de otras fuentes de su entorno hasta que alcanza el grado de saturación; cuanto más elevada sea la temperatura del aire, mayor es su capacidad para contener agua. Por ello toda atmósfera caliente de un almacén provoca un efecto deshidratante sobre los alimentos en él conservados, siempre que tengan contacto directo con la atmósfera.



Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Maftoonazad *et al.* (2004) reportaron que los aguacates variedad Hass, fueron tratados con recubrimientos a base de metilcelulosa, almacenada a 20°C. La pérdida de peso fue mayor para los controles en comparación con los recubrimientos presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$). El control perdió cerca del 8%, y los frutos con tratamiento perdieron 6.5%. Sin embargo, en comparación con las zarzamoras con recubrimiento y sin tratamiento estas presentaron menor pérdida de peso esto debido al uso de los envases de PET los cuales ayudaron a evitar una mayor pérdida de peso, se infiere que pudo haber sido beneficiado ya que un factor fundamental en la determinación de las pérdidas de agua de un producto es la relación área superficie/volumen.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo presentaron una similitud con los resultados presentados por Salvador *et al.* (2003) quienes trabajaron con mandarina Fortune aplicándole un recubrimiento a base de quitosan en concentraciones del 0.6% y 1,25% y como control una mandarinas cubiertas con una cera comercial de polietileno al 18 %, fueron almacenadas a 20 °C durante 7 ó 15 días simulando la comercialización y la vida posterior, el recubrimiento de quitosan redujo la pérdida de peso tras una semana de almacenamiento, siendo mayor este efecto con la mayor concentración en la segunda semana de almacenamiento no se observaron diferencias entre las concentraciones y el control.

La selección y formulación adecuada del recubrimiento comestible se determinó por su efecto en la calidad de las zarzamoras esto en función de los parámetros de calidad (acidez, pH, sólidos solubles y pérdida de peso). La concentración de gelatina presentó un efecto significativo en los parámetros de calidad. En cuanto a la pérdida de peso las zarzamoras con los tratamientos al 2 y 3% de gelatina presentaron la menor pérdida de peso ayudando a disminuir la transpiración y respiración de los frutos. Además que a la concentración del 1% se observaron problemas en la adherencia de la película a la fruta. Por lo que, fue descartada la concentración al 1% de gelatina y solamente se evaluaron las zarzamoras con las diferentes condiciones al 2 y 3% de gelatina. En lo referente a la concentración de ácido cítrico, se observó que las zarzamoras tratadas con 3% de ácido cítrico no presentaron un diferencia significativa con respecto a la condición del 5%, ni



en pH, acidez, pérdida de peso, por lo que se decidió eliminar el 5%, ya que un recubrimiento tiene que ser lo más simple en cuanto a componentes y se considera mejor en cuanto a costos, el utilizar concentraciones más bajas de cada ingrediente, siempre y cuando se obtengan los mismos resultados. De esta manera las condiciones seleccionadas fueron: 2 y 3% de gelatina, 3% de ácido cítrico y 5 y 10 minutos de tiempos de inmersión.

5.4 Evaluación del efecto de la película en los parámetros fisiológicos y de calidad en las zarzamoras listas para consumir

5.4.1 Efecto en la acidez

Los ácidos orgánicos se encuentran circulando en los tejidos vegetales tras la recolección y tienden a disminuir durante la fase de senescencia. La mayor parte de esta pérdida se debe a su oxidación en el metabolismo respiratorio, la reacción que se traduce en un incremento del cociente de respiración (Fennema, 2000).

El primer día de almacenamiento las zarzamoras sin tratamiento presentaron valores de 0.35% de acidez como se muestran en la figura 18, en tanto que las zarzamoras con tratamiento al 2% de gelatina (Fig. 17A) con tiempos de inmersión de 5 minutos mostraron valores de 0.38%, mientras que los tratamientos con tiempos de inmersión de 10 minutos registraron valores de 0.41%, lo cual representó un aumento del 17.14% por arriba del control. Al recubrir las zarzamoras con 3% de gelatina, la acidez registrada fue de 0.42% para los tiempos de inmersión de 5 minutos, presentando un aumento del 20% en la acidez con respecto al control, mientras que para los tratamiento con tiempos de inmersión de 10 minutos se obtuvo una acidez de 0.41% (Fig. 17B). Se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con la concentración del 3% de gelatina con tiempos de inmersión de 10 minutos con respecto al control, pero no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) de estos con los tratamientos restantes.

Los frutos control presentaron una disminución en su contenido de ácido málico en el cuarto día de almacenamiento con valores de 0.32%, esto debido a los cambios que



existen durante la senescencia de los frutos. Las zarzamoras con tratamiento al 2% de gelatina (Fig. 17A) con tiempos de inmersión de 5 minutos presentó un valor de 0.35%, en tanto que para los tiempos de inmersión de 10 minutos 0.37%. El tratamiento al 3% de gelatina (Fig.17B) con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos presentaron un comportamiento similar, ya que alcanzaron valores de 0.38%, representando un aumento con respecto al control de 15.62%. Estadísticamente se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el control y el tratamiento al 2% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 minutos, y estos a su vez con los tratamientos restantes los cuales no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre sí.

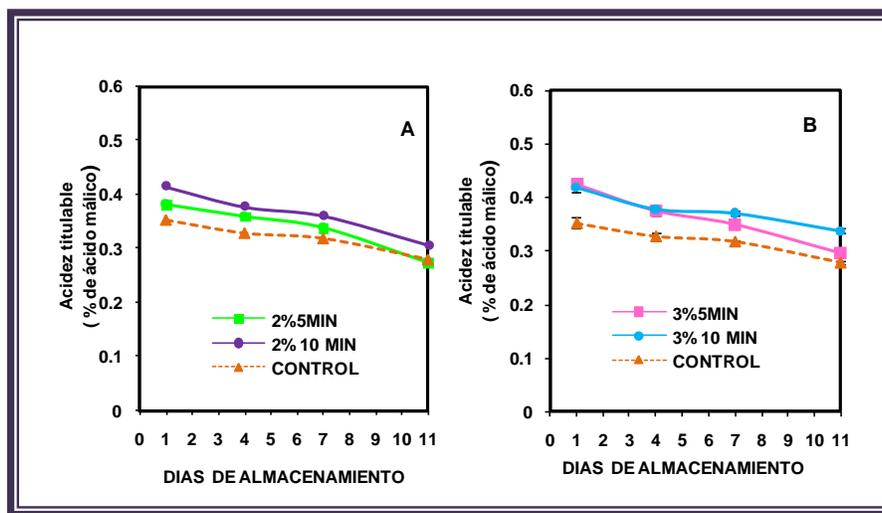


Figura 17. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2 (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en la acidez de zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

El séptimo día de almacenamiento se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre cada uno de los tratamiento y las frutas sin tratamiento, presentando menor acidez el control con valores de 0.31%. Los tratamientos del 2% de gelatina (Fig. 17A) con tiempos de inmersión de 5 minutos registraron valores de 0.33%, presentando un aumento del 6.45% con respecto al control, en tanto que el tiempo de inmersión de 10 minutos registró un valor de 0.36%. La figura 17 (B) muestra los cambios que presentaron las zarzamoras con el tratamiento al 3% de gelatina, registrando valores de 0.35% para los tiempos de inmersión de 5 minutos, mientras que los frutos con los



tiempos de inmersión de 10 minutos alcanzaron un valor de 0.37%, lo que representó un aumento del 19% con respecto al control, por lo que se observó un efecto en la acidez por la concentración de gelatina sobre el fruto.

Al final del almacenamiento, el control registró un valor de 0.28%, mientras que las zarzamoras con tratamientos al 2% de gelatina (Fig.17A) con tiempos de inmersión de 5 minutos presentaron valores de 0.27%, en tanto que con tiempos de inmersión de 10 minutos mostraron un valor de 0.3% observándose un aumento del 3.6 % con respecto al control. El tratamiento a 3% de gelatina (Fig. 17B), con tiempos de inmersión de 5 minutos registró valores de 0.29%, sin embargo esta misma concentración con tiempos de inmersión de 10 minutos presentó un valor de 0.31%. Estadísticamente se encontró que la mayor acidez fue presentada por el tratamiento a 3% de gelatina y 10 minutos de tiempo de inmersión, los otros tratamientos no presentaron diferencia significativa con respecto al control.

La acidez tiende a disminuir durante el almacenamiento, este parámetro se ve afectado por la concentración de gelatina y por los tiempos de inmersión, así como por la concentración del ácido cítrico, como se mencionó en el apartado de selección de condiciones del presente trabajo. Esto sugiere que la concentración de ácido cítrico utilizado en la formulación del recubrimiento comestible aplicado ejerció un ligero efecto sobre este parámetro encontrando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) durante el almacenamiento, se infiere que esto es debido a la capacidad de retención de agua que una proteína tiene. La retención del agua es la causante de la formación de un gel en el que las macromoléculas forman una red tridimensional que atrapan las moléculas del solvente que para este caso son las del ácido cítrico (Badui, 1994). Este hecho facilita la concentración de ácido cítrico en el recubrimiento comestible que interactúa con las zarzamoras, influyendo directamente en el contenido de ácidos en éstas. Estos cambios están estrechamente asociados con el proceso de maduración de los frutos, sin embargo este proceso no se vio afectado por el recubrimien

to, solo afectó la concentración del ácido cítrico utilizado en el recubrimiento. En tal sentido se ha reportado que ocurre un incremento en la división de la enzima citrato en



el ciclo del ácido cítrico (CAC) durante la maduración. Se considera que esta enzima es probablemente la responsable de la reducción de la acidez durante la maduración de los frutos (Pérez *et al.* 2003).

En el trabajo presentado por García *et al.* (1998), obtenidos en la aplicación de una película a base de almidón con plastificantes para mejorar la calidad y estabilidad de las fresas, se encontró que la acidez disminuyó conforme van madurando, los frutos con recubrimiento mostraron valores mayores de acidez. Los recubrimientos ayudaron a retrasar el proceso de maduración durante 7 días. Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con el obtenido en las zarzamoras con recubrimiento y las zarzamoras sin tratamiento, sin embargo la película a base de almidón ayudó a retrasar la maduración de las fresas, sin embargo en el presente trabajo las zarzamoras se vieron ligeramente afectadas por la concentración de ácido cítrico.

5.4.2 Efecto en el pH

Los cambios en el pH se ven acompañados de una disminución de acidez. En la figura 18, se observa que la aplicación del recubrimiento comestible presentó un efecto significativo ($p \leq 0.05$) en el pH de las zarzamoras al inicio del almacenamiento. El pH de las zarzamoras con tratamientos fue menor con respecto al pH del grupo control. Al inicio del almacenamiento, el control presentó valores de 4.5, en tanto que las zarzamoras con tratamiento al 2% de gelatina (Fig. 18A) presentaron valores de 4.2 y 4.3% con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos, respectivamente. Las zarzamoras con tratamientos al 3% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos presentaron valores semejantes a los que presentó la concentración al 2% de gelatina (Figura 18B). Se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las concentraciones de 2% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 minutos y las zarzamoras con tratamiento al 3% de gelatina con tiempos de inmersión de 10 minutos con respecto al control.

El cuarto día de almacenamiento se registró un incremento de pH en todos los frutos, registrando valores de 4.4, de acuerdo a los resultados obtenidos estadísticamente no hubo un efecto significativo ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos con respecto al control.

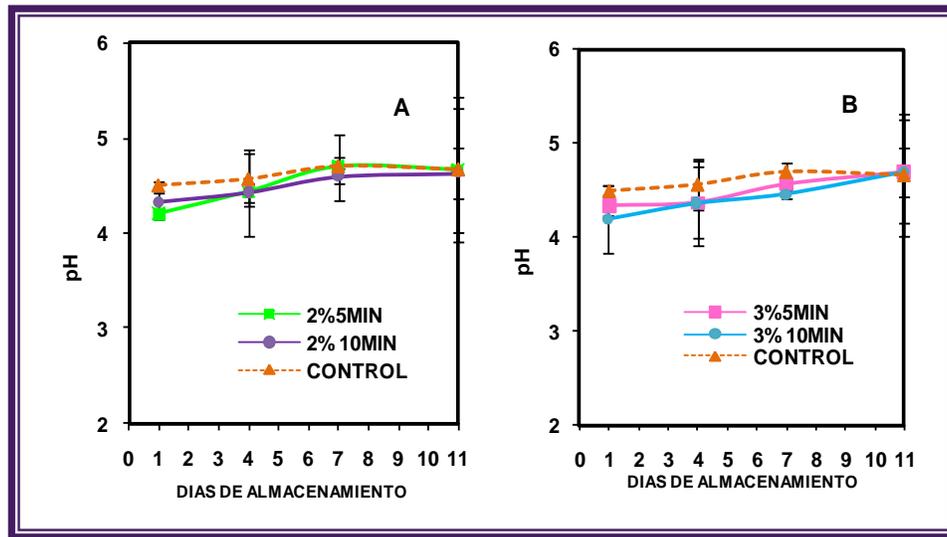


Figura 18. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2% (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en el pH de zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

El séptimo día de almacenamiento el control obtuvo un valor de 4.7, mientras que las zarzamoras con tratamiento al 2% de gelatina (Fig. 18A) con tiempos de inmersión de 5 minutos presentaron un valor igual al del control, y con tiempos de inmersión de 10 minutos presentó un valor de 4.6. Para las zarzamoras con el tratamiento al 3% de gelatina (Fig. 18B) registraron valores de 4.6 y 4.46 con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos, respectivamente. Estadísticamente se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) solamente entre el control y el tratamiento al 2% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 minutos con respecto a las zarzamoras con tratamiento al 3% de gelatina con tiempos de inmersión de 10 minutos.

Al final del almacenamiento no se presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre las zarzamoras con tratamiento y las zarzamoras sin tratamiento ya que alcanzaron un pH de 4.7. Por lo que, se consideró aceptable la concentración del ácido cítrico empleado en la formulación, ya que no se vio afectado este parámetro de calidad que está relacionado con el sabor del fruto.



De acuerdo a los resultados obtenidos, la concentración de ácido cítrico y los tiempos de inmersión no afectaron este parámetro, ya que los frutos con tratamiento y los controles, mostraron una tendencia hacia el aumento del pH, durante el periodo de almacenamiento.

En otros trabajos realizados con recubrimientos se encontraron resultados similares a los obtenidos en el trabajo realizado por Pérez y Ramos (2006) en fresas listas para consumir conservadas en envases PET, almacenada a 5°C y 85% de HR reportaron que a lo largo del almacenamiento se registró un incremento de pH en todos los frutos alcanzando valores similares entre los frutos controles y los tratamientos.

5.4.3 Efecto en los sólidos solubles.

De acuerdo a la figura 19, se mostró un aumento en los sólidos solubles durante el almacenamiento para todos los frutos, tanto con recubrimiento como sin recubrimiento. Al inicio del almacenamiento las zarzamoras sin tratamiento presentaron un valor de 10 °Brix y los frutos con tratamientos al 2% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos mostraron valores de 10 °Brix (Fig. 19A). En tanto que, las zarzamoras con tratamiento al 3% de gelatina (Fig. 19B) con tiempos de inmersión de 5 minutos presentaron valores de 10.11 °Brix, y los tratamientos con tiempos de inmersión de 5 minutos se encontraron valores de 10.22 °Brix. Estadísticamente no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre las zarzamoras con tratamiento y sin tratamiento. A lo largo del almacenamiento se registró un incremento de sólidos solubles tanto en los frutos con tratamiento como en los frutos sin tratamiento sin presentar diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Al final del almacenamiento el control presentó un valor de 11.8 °Brix, aumentando un 2.2% con respecto al inicio. El tratamiento al 2% de gelatina (Fig. 19A) con tiempos de inmersión de 5 minutos registró un valor de 11.2, mientras que a 10 minutos de inmersión mostro un valor de 11, lo cual representó un 6.54% por debajo del control. El tratamiento al 3% de gelatina (Fig. 19B) con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos, presentaron un valor de 11.38 °Brix. Sin embargo, estadísticamente no presentaron deferencia significativa ($p \geq 0.05$) las zarzamoras sin tratamiento y las zarzamoras con tratamiento.

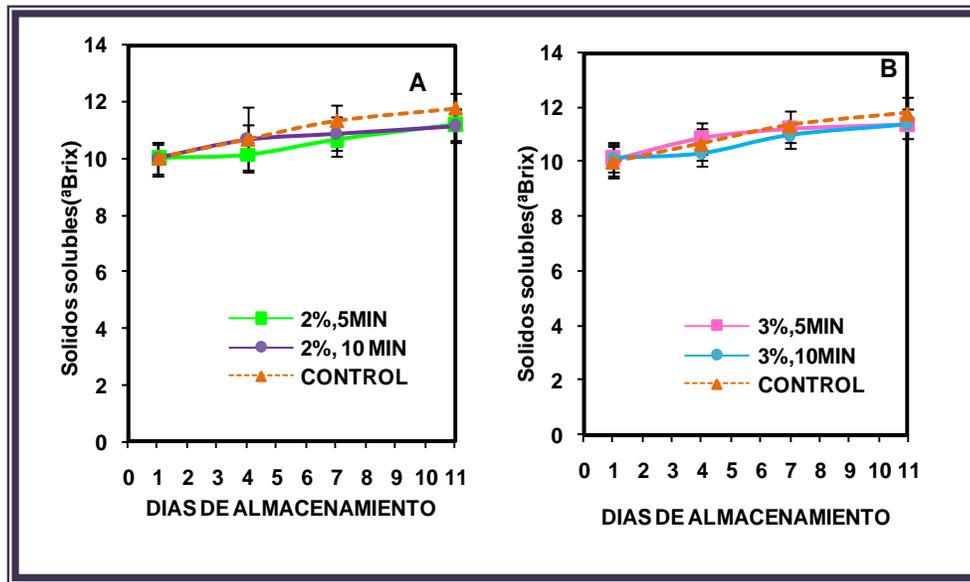


Figura 19. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2% (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en los sólidos solubles de zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

A lo largo del almacenamiento se registró un incremento de sólidos solubles tanto en los frutos con tratamiento como en los frutos sin tratamiento sin presentar diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Al final del almacenamiento el control presentó un valor de 11.8°Brix, aumentando un 2.2% con respecto al inicio. El tratamiento al 2% de gelatina (Fig.19A) con tiempos de inmersión de 5 minutos registró un valor de 11.2, mientras que a 10 minutos de inmersión mostro un valor de 11, lo cual representó un 6.54% por debajo del control. El tratamiento al 3% de gelatina (Fig. 19B) con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos, presentaron un valor de 11.38 °Brix. Sin embargo, estadísticamente no presentaron deferencia significativa ($p \geq 0.05$) las zarzamoras sin tratamiento y las zarzamoras con tratamiento.

En las zarzamoras durante el proceso de madurez el porcentaje de sólidos solubles se incrementan y la acidez titulable disminuye (Ryugo, 1993). El aumento del contenido de los azúcares, hace más dulce e incrementa su aceptabilidad en la zarzamora. Este comportamiento fue el que siguieron tanto las zarzamoras con tratamiento, así como el control durante el almacenamiento, sin haber sido afectadas por la concentración de ácido



cítrico, ni por los tiempos de inmersión, por lo que el tratamiento no detuvo el proceso de maduración de los frutos.

En ciruela mexicana cubiertas por quitosan, se reportó que los sólidos solubles aumentaron con el incremento en la temperatura de almacenamiento, independientemente de la concentración de quitosan (Bautista, *et al.* 2006). Esto pudo haber sido ocasionado al aumentar la actividad respiratoria la cual provocó un estrés ocasionado en los frutos por el aumento de temperatura, sin embargo en las zarzamoras con recubrimiento no se observó este comportamiento debido tal vez, a que se mantuvieron a una temperatura adecuada en la cual no presentó un aumento en la respiración de las zarzamoras.

5.4.4 Pérdida de peso

En la figura 20, se muestra que el porcentaje de pérdida de peso que incrementó durante el almacenamiento para todos los frutos, tanto en las zarzamoras con recubrimiento como sin recubrimiento. El primer día de almacenamiento no se vio afectado el control ya que no se registró pérdida de peso. Los frutos tratados a la concentración del 2% de gelatina (Fig. 20A) presentaron 0.44 y 0.29% de pérdida de peso con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos, respectivamente. En tanto que los frutos con tratamientos al 3% de gelatina (Fig. 19B) registraron una pérdida de 0.38% para los tiempos de inmersión de 5 y 0.37% para 10 minutos de inmersión. Estadísticamente no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre el control con respecto a los tratamientos. La pérdida de peso incrementó gradualmente con el tiempo de almacenamiento para todos los frutos.

Al final del almacenamiento las zarzamoras con tratamiento y las zarzamoras sin tratamiento no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$), El control mostró una pérdida de peso de 7.4%. Las zarzamoras con tratamiento al 2% de gelatina (Fig. 20A) obtuvieron valores de 5.2 y 5.4% para 5 y 10 minutos, respectivamente. El tratamiento al 3% de gelatina (Fig. 20B) con tiempos de inmersión de 5 minutos presentó un valor de 5.0% de pérdida de peso, mientras que el tiempo de inmersión de 10 minutos presentó



un valor de 5.5% la misma pérdida de peso que el control. Estadísticamente el control presento diferencia significativa ($p \leq 0.05$) con respecto a las zarzamoras con tratamiento.

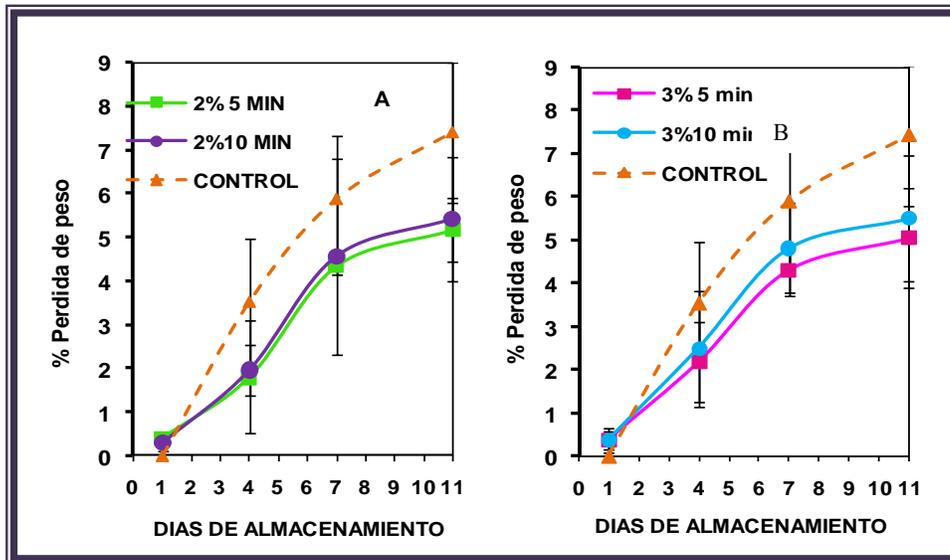


Figura 20. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2% (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en la pérdida de peso de zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

Al aplicar los tratamientos con 2 y 3% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos se disminuir la pérdida de peso en un 28.7% con respecto al control. Se infiere que se presentó un efecto en la pérdida de peso en las frutas con tratamiento, por las lesiones que se pudieron haber ocasionado durante la aplicación de éste,

Los recubrimientos comestibles obtenidos a partir de materiales proteicos presentan una capacidad de barrera relativamente alta, su resistencia al vapor de agua dada su naturaleza hidrofília es mucho menor. En cambio presentan propiedades mecánicas muy superiores a otros recubrimientos. Para mejorar la flexibilidad y la funcionalidad de los recubrimientos se le adiciona plastificantes, en este trabajo se utilizó el glicerol el cual es uno de los más usados en recubrimientos a base de proteínas (Rojas –Graü, 2007).

Para reducir la pérdida de agua de las zarzamoras se elevó la humedad relativa del aire, reduciendo así la diferencia de presión de vapor entre el producto y el aire, y por tanto la cantidad de agua que sería necesario evaporar para que el aire estuviera saturado de agua.



Por otra parte, se infiere que el envase de PET también ayudó a reducir la pérdida de agua de las zarzamoras, ya que estos envases, se consideran barreras relativamente buenas contra el vapor de agua. Por otra parte las perforaciones que se le hicieron a los envases, ayudaron a mantener una alta humedad alrededor del producto sin formación de condensación de agua.

En otros trabajos se han reportado que en tomate con un recubrimiento a base de suero de leche, los frutos recubiertos tuvieron una significativa reducción en la pérdida de peso comparado con aquellos sin recubrir, la pérdida de peso tuvo una cinética del mismo orden para frutos recubiertos y testigos sin recubrir. Sin embargo, la pérdida de peso fue la mitad para frutos recubiertos (Galiotta *et al.*, 2004). Estos resultados son semejantes a los obtenidos en las zarzamoras con recubrimiento y sin recubrimiento, se infiere que se debe a la naturaleza de los recubrimientos ya que los dos son proteínas.

5.4.5 Desprendimiento de líquido

Como se observa en la figura 21, el desprendimiento de líquido se vio afectado por la aplicación del recubrimiento comestible. El primer día de almacenamiento el control presentó un desprendimiento de líquido del 1.8%, mientras que el tratamiento al 2% de gelatina con tiempos de inmersión de 10 minutos mostró un aumento del 1.9%, mientras que el tratamiento con 5 minutos de inmersión registró un valor 0.92% (Fig. 21A), en tanto que la concentración al 3% de gelatina con 5 minutos de inmersión presentó un menor desprendimiento de líquido obteniendo valores de 51.66% por debajo del control, sin embargo, el tratamiento con tiempos de inmersión de 10 minutos registró valores de 1.6% (Fig. 21B).

Se encontró que el menor desprendimiento de líquido lo presentaron los tiempos de inmersión de 5 minutos tanto a 2 como a 3% de gelatina. Estadísticamente no se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el control con respecto a los tratamientos.

El séptimo día de almacenamiento el control alcanzó un valor de 0.59%. Las zarzamoras con tratamiento al 2% de gelatina (Fig.21A) con tiempos de inmersión de 5 minutos



presentó mayor desprendimiento de líquido presentando un valor de 45% por arriba del control, mientras que con tiempos de inmersión de 10 minutos presentó un valor de 0.88%. Las zarzamoras con el tratamiento al 3% de gelatina (Fig. 21B) con tiempos de inmersión de 5 minutos, registró el menor desprendimiento de líquido con un valor de 0.72%, estando por debajo del control con un 22.03%, en tanto que el tratamiento a 10 minutos de inmersión mostró un valor de 0.76%. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre el control y los tratamientos.

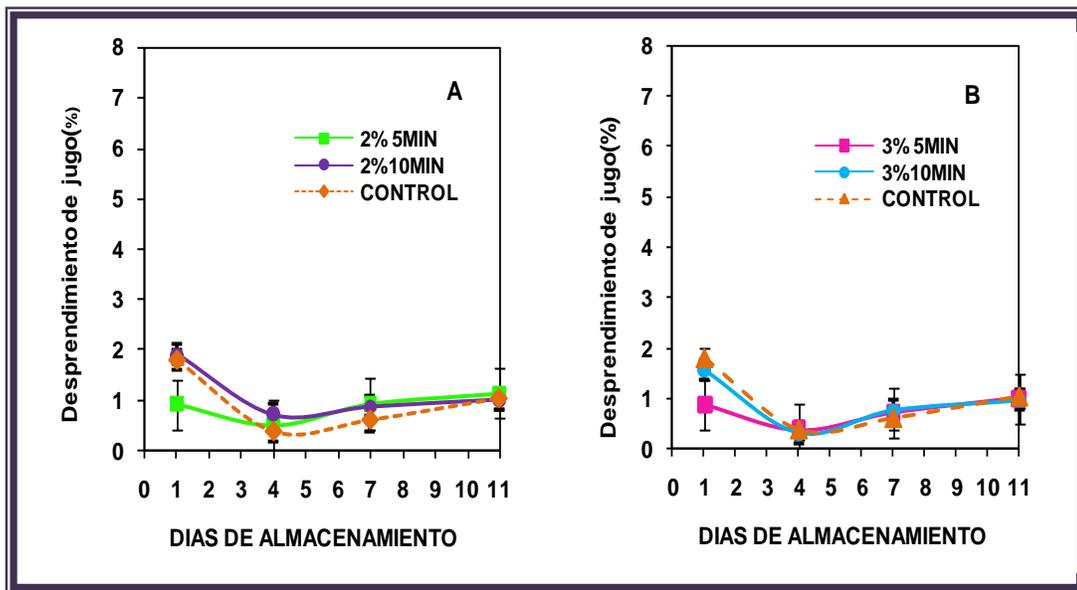


Figura 21. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2% (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en el porcentaje de desprendimiento de líquido en las zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

El último día de almacenamiento tanto el control como las zarzamoras con tratamiento al 2 y 3% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos presentaron valores alrededor del 1%. Estadísticamente no se observó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el control y los tratamientos. Esto indicó que el recubrimiento comestible no contribuyó al control del desprendimiento de líquido que sufre la zarzamora.

El desprendimiento de líquido no disminuyó por la aplicación del recubrimiento, ya que las zarzamoras con tratamiento no presentaron diferencia significativa con respecto al



control. La zarzamora tiene una estructura blanda, la cual es susceptible a daños mecánicos, por lo que se infiere que se pudo haber ocasionado daños en el tejido celular durante la desinfección, la cual se realizó por inmersión durante 15 minutos, y posteriormente se realizó la aplicación del recubrimiento, encontrándose que al inicio del almacenamiento hubo un mayor desprendimiento de líquido, tanto en las zarzamoras con tratamiento como en las control.

Por otra parte, los sólidos solubles no se vieron afectados por la aplicación del recubrimiento en las zarzamoras por lo que se infiere que no se afectó la estructura de las zarzamoras, ya que al transformarse los azúcares tienen el doble efecto tanto de alterar el gusto como intervenir en la textura del producto. La degradación de los hidratos de carbono poliméricos, especialmente la de las sustancias pécticas y hemicelulosas, debilita las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen unas células unidas a las otras. Las sustancias pécticas proceden de un precursor insoluble, la protopectina, que se encuentra ligada por enlaces cruzados a otras cadenas poliméricas a través de puentes de calcio y está unido a otros azúcares. Durante la maduración la protopectina va gradualmente degradándose. La velocidad de degradación de las sustancias pécticas esta directamente correlacionada con la de ablandamiento de la fruta (Primo, 1997).

5.4.6 Índice de decaimiento

El índice de decaimiento se evaluó utilizando una escala de 1 a 5, donde 1 (no hay presencia de daños en el fruto), 2 (Daños del 25%), 3 (Daños de 25%-50%), 4 (Daños 50-75%) y 5 (75%-100%).

En la figura 22, se muestran los cambios en el índice de decaimiento en las zarzamoras con tratamiento y las zarzamoras sin tratamiento, al inicio del almacenamiento las zarzamoras sin tratamiento presentaron valores de 0.15, mientras el tratamiento al 2% de gelatina (Fig.22A) con tiempos de inmersión de 5 minutos presentó un índice de decaimiento de 0.15, en tanto que ha 10 minutos de inmersión registró un índice de decaimiento de 0.14. Las zarzamoras tratadas con 3% de gelatina (Fig. 22B) con tiempos



de inmersión de 5 minutos mostraron valores de 0.25, y las zarzamoras con tiempos de inmersión de 10 minutos mostraron valores de 0.33. Sin embargo, no se presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre las zarzamoras con tratamiento y las zarzamoras sin tratamiento.

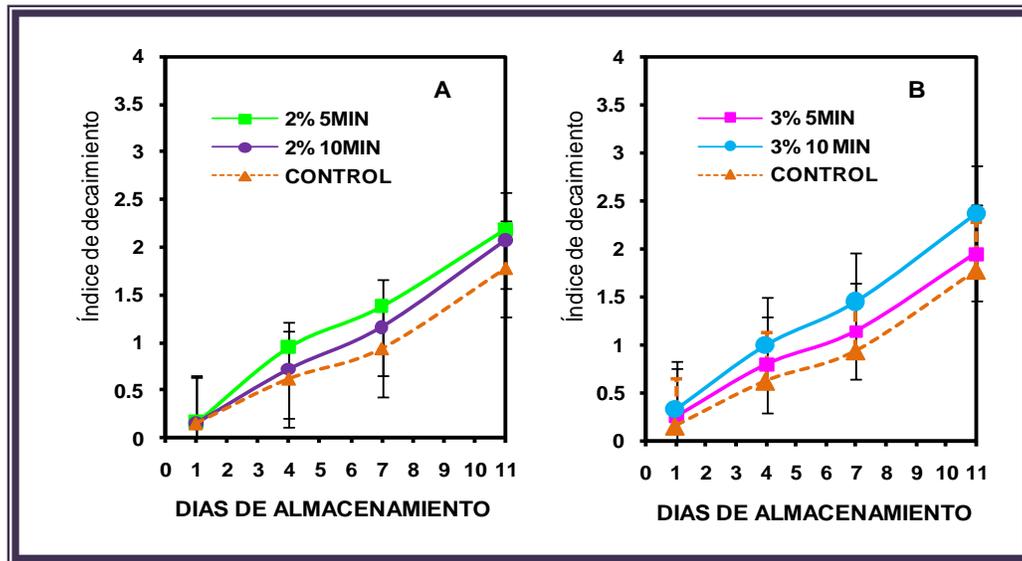


Figura 22. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2% (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en el índice de decaimiento de las zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

El séptimo día de almacenamiento, el control registró valores de 0.93, el índice de decaimiento aumentó para las zarzamoras con la concentración al 2% de gelatina (Fig. 22A) con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos obteniendo valores de 1.38 y 1.15 respectivamente, en tanto que las zarzamoras con 3% de gelatina (Fig. 22B) con tiempos de inmersión de 5 minutos registraron un valor del 1.14, mientras que el tratamiento con tiempos de inmersión de 10 minutos mostró un valor de 1.45. Estadísticamente se presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el índice de decaimiento presentado por las zarzamoras tratadas al 3% de gelatina con tiempos de inmersión de 10 minutos y los frutos control.

Al final del almacenamiento el control registró valores de 1.8. Los frutos con el tratamiento al 2% de gelatina (Fig. 22A) presentó valores de 2.2 y 2.1 para los tiempos



de inmersión de 5 y 10 minutos, respectivamente. En tanto que las zarzamoras tratadas con el 3% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 minutos presentó valores alrededor de 1.95, mientras que a 10 minutos se registró un valor de 2.4 (Fig. 22B). Los frutos con este tratamiento fueron los más afectados en comparación al control, por lo cual se infiere que la concentración de la gelatina y la concentración del ácido cítrico no ayudó a disminuir el ataque fúngico y además se observó un daño en la pared celular de los frutos tratados este tal vez ocasionado durante la aplicación del tratamiento. Sin embargo, se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) de los tratamientos al 2% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 minutos y el tratamiento al 3% de gelatina con tiempos de inmersión de 10 minutos con respecto al control.

La zarzamora se clasifica como una fruta blanda, lo que quiere decir que tiene mayor facilidad a ser atacada por mohos y levaduras, las frutas blandas son también muy sensibles a las lesiones físicas durante su manipulación y lesiones mecánicas (Arthey, 1997). Por lo que, el índice de decaimiento se vio afectado por lesiones en las zarzamoras que pudieron haber sido ocasionadas por la concentración de gelatina aunado a los tiempos de inmersión de 10 minutos, se infiere que esto es debido a la capacidad de retención de agua que una proteína o hidrato de carbono posee, por lo que podemos decir que a mayor concentración de gelatina mayor absorción de agua, si las zarzamoras con este tratamiento no se secaron bien, esto pudo dar pie a la proliferación de hongos los cuales deterioraron la pared celular de la zarzamora y por otra parte las células vegetales habitualmente son hipertónicas con respecto al ambiente que las circunda, y por lo tanto, el agua tiende a difundir hacia su interior. Éste aumento de agua crea, dentro de la célula, una presión contra la pared celular. La presión hace que la pared celular se expanda y la célula aumente de tamaño. El alargamiento que ocurre a medida que la célula vegetal crece es un resultado directo de la presión osmótica del agua en la célula. Por lo que en las zarzamoras con tratamientos se observaron daños en el tejido celular y presencia de algunos microorganismos.

La fuga de fluidos celulares derivados de efectos adversos a lesiones mecánicas, daños por temperatura o por fisiológicas normales, es rico en nutrientes disueltos y proporciona



un medio muy favorable para el crecimiento y multiplicación de microorganismos (Wills *et al.* 1998).

El trabajo llevado a cabo por Pérez y Ramos (2006) en fresas con un recubrimiento a base de gelatina con concentraciones de 1, 2, 3% de gelatina, 5% de ácido acético y tiempos de inmersión de 1, 5, 10 minutos envasadas en envases PET y almacenadas a 5°C con una H.R. de 85%, mostraron un mayor índice de decaimiento los controles, observándose el último día de almacenamiento más del 50 % de deterioro en ellos, las fresas con los recubrimientos no presentaron ataque fúngico, por lo que la aplicación del recubrimiento fue funcional, contrario a los resultados encontrados en zarzamora en el presente trabajo.

En la Figura 23 se muestra los cambios en la apariencia de las zarzamoras utilizando diferentes concentraciones de gelatina (2 y 3%) y 3% de Ácido cítrico, aumentando la brillantez con el recubrimiento. Sin embargo, al final del almacenamiento, se observó disminución en la luminosidad. Las frutas con tratamiento presentaron invasión fúngica desde el séptimo día de almacenamiento. Sin embargo, el color de las zarzamoras no se vio afectado ya que las antocianinas son estables a pH bajos.



Figura 23. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina en la calidad de zarzamoras conservadas en envases PET almacenadas a 5°C y 85% de HR.

| TRATAMIENTO | DÍA 1 | DÍA 7 | DÍA 11 |
|--|---|--|---|
| 2% Gelatina 3% Ácido cítrico 5 minutos de inmersión |  |  |  |
| 3% Gelatina 3% ácido cítrico 5 minutos de inmersión |  |  |  |
| 2% Gelatina 3% ácido cítrico 10 minutos de inmersión |  |  |  |
| 3% Gelatina 3% ácido cítrico 10 minutos de inmersión |  |  |  |
| Control |  |  |  |



5.4.7 Cambios en el color.

El color de un objeto es una propiedad del mismo, una luz, es el efecto de un estímulo sobre la retina, que el nervio óptico transmite al cerebro en donde este último lo integra. Esto es la retina del ojo humano tiene tres tipos de moléculas receptoras de color que contienen los conos de las células. Cada pigmento corresponde a un tono primario rojo, azul y verde. Un determinado estímulo de color puede dar respuesta en los tres receptores y el modelo de este corresponde a una determinada calidad de la sensación, por lo que se puede decir el color este asociado con las ondas luminosas. Generalmente, el estímulo consiste en una luz reflejada (o transmitida) por el objeto, a partir de una iluminación incidente. El color es un factor importante para valorar la calidad de un alimento. En efecto, frecuentemente está ligado a la maduración, presencia de impurezas, realización inapropiada o defectuosa de un tratamiento tecnológico, malas condiciones de almacenamiento, comienzo de una alteración por microorganismos, etc. (Cheftel, 1983).

5.4.7.1 Luminosidad

La figura 24, indica que al inicio del almacenamiento, las frutas con recubrimiento no mostró un efecto en la luminosidad que va desde la reflexión nula ($L=0$) a reflexión difusa perfecta ($L=100$), ya que el control mostró un valor $L=16$ en tanto que los frutos con tratamiento al 2% de gelatina con ambos tiempos de inmersión, presentaron valores de $L=15.6$ (Fig.24A). Las zarzamoras con el tratamiento al 3% en ambos tiempos de inmersión mostraron valores de $L=13.5$ (Fig.24B), no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre la luminosidad de los frutos con recubrimiento comestible y el control al inicio del almacenamiento.

El séptimo día del almacenamiento se mostró un descenso de este parámetro tanto para las zarzamoras con tratamiento como para las frutas sin tratamiento. Se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre todos los tratamientos y el control, El control presentó valores de 16.3, mientras que los tratamientos al 2% de gelatina con tiempos



de inmersión de 5 minutos mostró valores de $L=10.95$, lo que representó un aumento del 6.2% con respecto al control, para 10 minutos se obtuvo un valor de 17.58, lo que representó un aumento del 6.2% con respecto al control (Fig. 24A). El tratamiento con 3% de gelatina (Fig. 24B) con tiempos de inmersión de 5 minutos registró un valor de 10.87 y para 10 minutos presentó un valor de $L=10.42$, lo que representó una disminución del 36% con respecto al control.

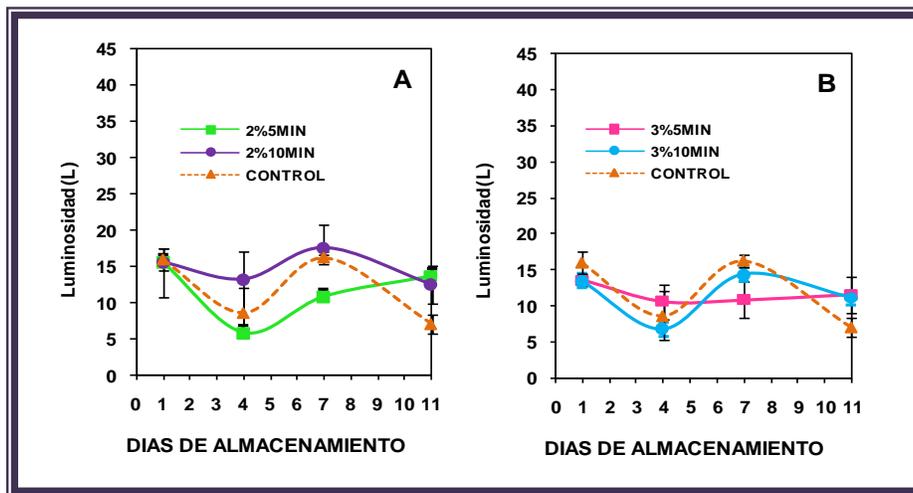


Figura 24. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2% (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en la luminosidad de las zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

Al final del almacenamiento el control presentó una menor luminosidad con valores de $L=7.1$, los frutos con el tratamiento al 2% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 minutos presentaron mayor luminosidad con valores de $L=13.8$, mientras que los frutos con el tratamiento con tiempos de inmersión de 10 minutos presentaron valores de 12.64 (Fig. 24A), en tanto que el tratamiento al 3% de gelatina, registro valores de 11.2 y 11.6 para 5 y 10 minutos de inmersión, respectivamente (Fig. 24B). Estadísticamente se observó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos y el control. Por lo que, se pudo observar que el tratamiento al 2% de gelatina mantuvo mayor luminosidad de la zarzamora hasta el final del almacenamiento.



Maftoonazad *et. al.* (2004) reportaron que los aguacates variedad Hass, fue tratada con recubrimientos a base de metilcelulosa, almacenada a 20°C, Los aguacates presentaron valores de L, más altos que el control, por lo que presentó más brillo que el control. Sin embargo, los frutos recubiertos y el control no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$).

5.4.7.2 Tono.

En la figura 25, se muestran los cambios en el tono (Hue), donde 0=rojo, 90=amarillo, 180=azul-verde y 270=azul. Por lo que respecta al tono (Hue) al inicio del almacenamiento, el control registró valores de 10 °Hue, mientras que las zarzamoras con tratamiento al 2% de gelatina (Fig. 25A) con tiempos de inmersión de 5 minutos mostró valores de 14, en tanto que los frutos tratados con tiempos de inmersión de 10 minutos registraron valores de 15.3. Las zarzamoras con tratamiento al 3% de gelatina (Fig. 25B) con 5 minutos de inmersión alcanzaron valores de 16.2°Hue, estando por arriba del control con un 62%, por otra parte el tratamiento con 10 minutos de inmersión presentó un valor de 9.7. Estadísticamente no se presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos y el control.

El séptimo día de almacenamiento se vio beneficiado por los tratamientos, ya que el control fue quien menor valor de °Hue presentó 4.1. Los frutos con los tratamientos al 2% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 minutos presentaron valores de 12.58 y con tiempos de inmersión de 10 minutos se registraron valores de 13.8 (Fig. 25A). Los frutos con el tratamiento al 3% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos presentaron valores de 16.3 y 12.9, estando los tratamientos por arriba del control (Fig.25B). Se observó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre el control con respecto a los tratamientos, sin presentar diferencia significativa entre ellos ($p \geq 0.05$).

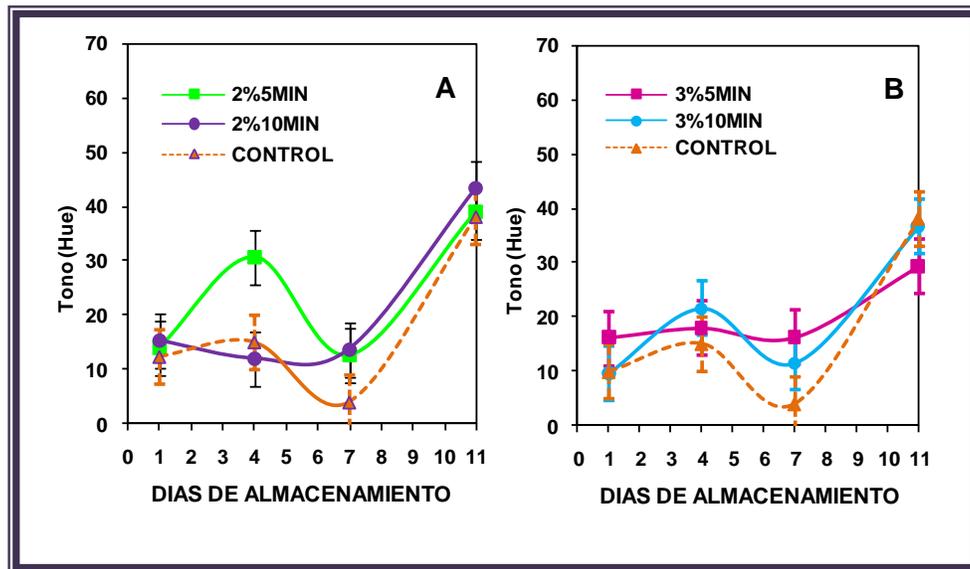


Figura 25. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2% (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en el tono de las zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 ° C y 85 % HR

Al final del almacenamiento no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre las zarzamoras con tratamiento y las zarzamoras sin tratamiento, el control presentó valores de 38, mientras que el tratamiento al 2% de gelatina (Fig. 25A) con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos presentaron un valor de 39 y 43, respectivamente, en tanto que las zarzamoras con tratamiento al 3% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 minutos registro un valor de 29.39, lo que representa una disminución del 22.68% con respecto al control, las zarzamoras con tiempos de inmersión de 10 minutos alcanzaron un valor de 36.7 (Figura 25B). No se observó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre el control y los tratamientos.

Maftoonazad *et al.* (2004), reportaron que los aguacates variedad Hass tratados con recubrimientos a base de metilcelulosa, presentaron un mayor tono con respecto a los frutos sin recubrimiento.



Pérez *et al.* (2003 a), aplicaron una cera comestible en melón Cantaloupe, demostraron que los valores del ángulo de color Hue, se mantuvieron constante al inicio del almacenamiento, incrementándose al final del almacenamiento.

5.4.7.3 Croma

En la figura 26, se puede observar los cambios en el parámetro de croma que nos indica la intensidad del color, este fue evaluado en todos los tratamientos. Al inicio del almacenamiento las zarzamoras sin tratamiento presentaron un croma de 9.11.

Las zarzamoras con tratamiento al 2% de gelatina (Fig.26A) con tiempos de inmersión de 5 minutos registraron valores de 15.45, mientras que a los tiempos de inmersión de 10 minutos alcanzaron un valor del 7.59. Al aplicar el tratamiento al 3% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 minutos mostraron un valor de 7.14, en tanto que a los 10 minutos hubo un incremento hasta 7.59 (Fig.26B). Estadísticamente se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) del tratamiento al 2% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 minutos con respecto al control y a los demás tratamientos los cuales no presentaron diferencia significativa entre ellos.

El cuarto día de almacenamiento el control presentó un valor de 3.3. Los frutos con el tratamiento al 2% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos presentaron valores alrededor de 6.8 y 7.1 (Fig.26A). No obstante para la concentración al 3% de gelatina (Fig.26B) con tiempos de inmersión de 5 minutos registro valores de 6.98, y para 10 minutos de inmersión fue de 4.2. Estadísticamente, no se presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre las zarzamoras tratadas y el control.

El séptimo día de almacenamiento el control presentó valores de croma de 3.92, en tanto que las zarzamoras a la concentración al 2% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 minutos presentaron un ligero aumento obteniendo valores de 6.1, mientras que para 10 minutos se obtuvo un valor de 8 (Fig.26A). Las zarzamoras con tratamiento al 3% de



gelatina con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos alcanzaron un valor de 7.9 y 6.4, respectivamente (Fig.26A). Estadísticamente, se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) de los tratamientos al 2% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 minutos y el tratamiento al 3% de gelatina con tiempos de inmersión de 10 minutos con respecto al control.

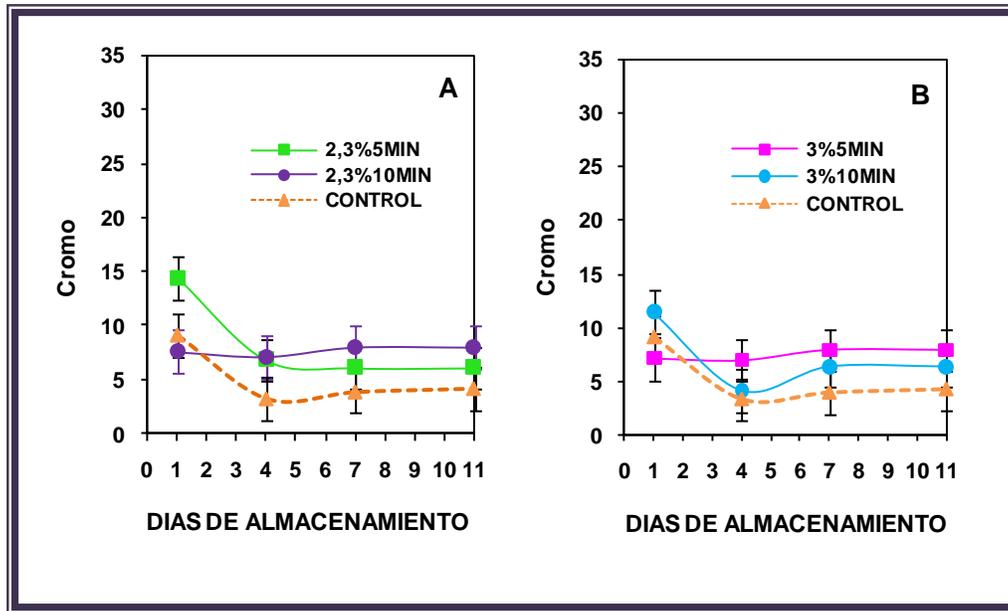


Figura 26. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2% (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en el croma de las zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

Al final del almacenamiento el control presentó valores de 4.23, los tratamientos no se vieron afectados, ya que no presentaron cambios en los valores con respecto al día siete, estos valores se mantuvieron. Sin embargo no se presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre el control y los tratamientos.

Maftoonazad *et al.* (2004) reportaron que los aguacates variedad Hass, fue tratada con recubrimientos a base de metilcelulosa y almacenados a 20°C,. Los valores de croma en los aguacates con recubrimiento y control mostraron diferencia significativa ($p \leq 0.05$). La disminución de los valores del croma indicó una reducción en el color amarillo.



Por lo anterior se sugiere que la aplicación del recubrimiento comestible no afectó el color de las zarzamoras durante el almacenamiento. Esto se pudo deber a que las antocianinas las cuales son responsables de darle el color a las zarzamoras, son más estables en pH bajos (Primo, 1997).

5.5 Parámetros fisiológicos

5.5.1 Efecto en la Respiración

La velocidad a respira fruto constituye un índice de actividad metabólica de sus tejidos y es una guía útil para calcular cuánto puede durar su vida comercial. La temperatura y la concentración de CO₂ y de O₂ en el entorno son los principales factores que pueden modificar la intensidad en que se realiza la respiración de los tejidos vegetales (Arthey, 1997).

La tasa de respiración de los frutos cosechados se puede medir, mediante la determinación de la velocidad de emisión de CO₂ o de consumo de O₂.

La respiración de las zarzamoras no se vio afectada por el tratamiento durante el almacenamiento. En la Figura 27 se muestran los cambios en la respiración de las zarzamoras, los frutos presentaron el comportamiento característico de un fruto no climatérico.

En el primer día de almacenamiento, no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$), entre las zarzamoras sin tratamiento y las zarzamoras con tratamiento. El control presentó valores de 20.8 mg CO₂/Kg PF h, las zarzamoras con tratamiento del 2% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos presentaron valores de 21.3 y 29.7 mgCO₂/Kg PF h, respectivamente (Fig.27A), mientras que las zarzamoras con tratamiento al 3% de gelatina con tiempos de inmersión de 5 minutos obtuvo un valor de 19.9, en tanto que a 10 minutos de inmersión presentó valores de 34.2 mgCO₂/Kg PF h (Fig.27B). Esto tal vez debido al tiempo en que las zarzamoras tardaron en adaptarse a la atmosfera modificada creada por la película, en particular las concentraciones con tiempos de



inmersión de 10 minutos. Este mismo comportamiento se observó a lo largo del tiempo del almacenamiento, donde no se vio afectada la respiración por la concentración de la gelatina ni por el tiempo de inmersión.

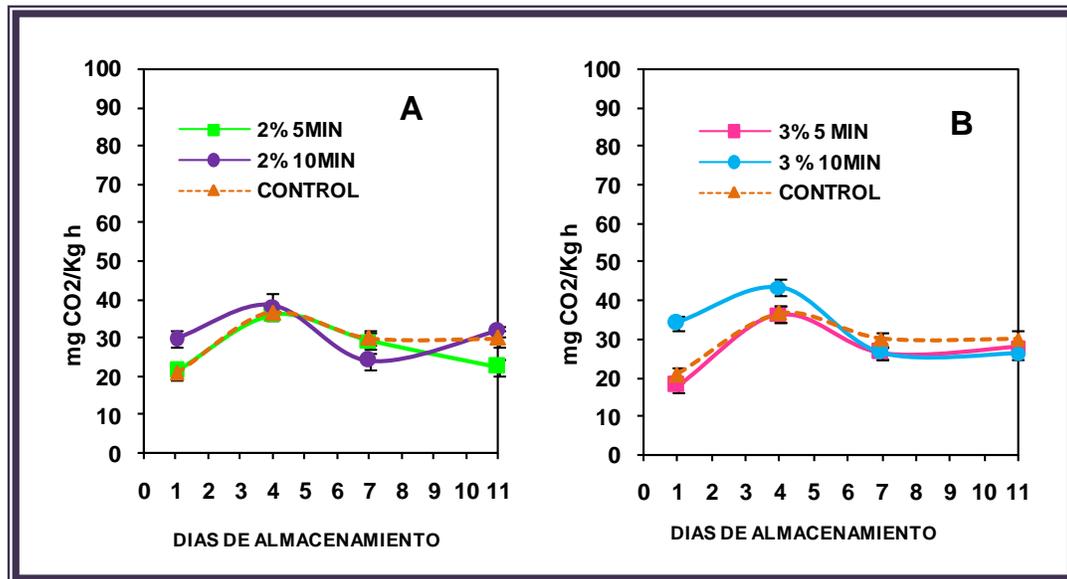


Figura 27. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 2% (A) y 3% (B) con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos en la respiración de zarzamoras conservadas en envases PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

Al final del almacenamiento no se presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre las zarzamoras con tratamiento y las zarzamoras sin tratamiento, el control exhibió valores de 30.0 mgCO₂/Kg PF h. Por otra parte las zarzamoras con tratamiento al 2% de gelatina (Fig. 27A) con tiempos de inmersión de 5 minutos presentaron una ligera disminución en la respiración obteniendo un valor de 22.43 mgCO₂/Kg PF h, para 10 minutos de inmersión se registró un valor de 31.77 mgCO₂/Kg PF h. Al aplicar el tratamiento al 3% de gelatina (Fig. 27B) con tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos, se obtuvieron valores de 27.92 y 26.35 mgCO₂/Kg PF h. Estadísticamente no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre el control y los tratamientos



Se sugiere que la aplicación del recubrimiento comestible con tiempos de inmersión de 10 minutos afectó ligeramente el patrón respiratorio de las zarzamoras al inicio del almacenamiento, ya que se observó un incremento en cociente respiratorio, esto debido al estrés que sufrieron las zarzamoras al aplicarle el tratamiento, durante el almacenamiento no se ve afectada la tendencia característica de los frutos no climatérico, esto debido a que una de las características importantes de los recubrimientos a base de gelatina, son buenas barreras a la permeabilidad de gases. Por otra parte, un aspecto importante fue el control de la humedad relativa, pues un aumento brusco de esta facilita la proliferación de microorganismos y en consecuencia se produce un aumento en la respiración, aunado al control de la humedad relativa, esta la temperatura de almacenamiento .

Se infiere que el envase de PET utilizado con perforaciones, fue un factor importante para atenuar la pérdida de peso, pero su efecto en el retraso de la maduración del fruto, fue mínimo ya que no provocó un control estricto en el contenido de CO₂ y O₂ alrededor del producto, el cual ya presentaba una atmósfera modificada por la aplicación previa del recubrimiento.

En contraste a los resultados obtenidos, Pérez y Ramos (2006), trabajaron con fresas listas para consumir conservadas en envases PET, almacenada a 5°C y 85% de HR, con concentraciones de gelatina de 1, 2, 3% y ácido acético, reportaron una reducción significativa ($p \leq 0.05$) en la respiración por efecto de los tratamientos con respecto al control desde el cuarto día, ya que el aumento de la respiración en el control se debió a la invasión fúngica, el recubrimiento logró inhibir los hongos y por lo tanto alargar la vida.

5.6 Evaluación microbiológica en “zarzamoras listas para consumir”

El deterioro postcosecha de frutas y la susceptibilidad de acusar alteración fisiológica, puede ser causado por numerosos microorganismos que están presentes casi en todas partes, como mohos y bacterias, que son débilmente patógenos, en el sentido de que solo pueden invadir productos dañados, pero hay otros capaces de crecer y multiplicarse de una forma extremadamente rápida cuando las condiciones ambientales son favorables y



causar alteraciones (Aragón, 1992; Cox, 1987). Los mohos y levaduras fueron evaluados en las zarzamoras listas para consumir al inicio y al final para el almacenamiento, en la tabla se puede observar que las zarzamoras con tratamientos a concentraciones del 3% de gelatina con tiempos de inmersión de 10 minutos presentaron 8.2×10^2 UFC/g al inicio del almacenamiento y 1.1×10^4 UFC/g al final del almacenamiento, mientras que al 2% de gelatina con tiempos de inmersión de 10 minutos presentaron 4.3×10^2 UFC/g al inicio del almacenamiento y al final 7.6×10^2 , siendo estos dos tratamientos los que mayor presencia tuvieron de mohos y levaduras. Por lo que se infiere, que se pudo haber ocasionado una alteración pasiva o inducida por heridas causadas por los tiempos de inmersión y la desinfección que se llevo a cabo por inmersión durante 10 minutos, en la que los microorganismos oportunistas penetran en los tejidos internos a través del tejido epidérmico lesionado, esto es, a través de corteza o pieles.

La composición de los tejidos epidérmicos varía, pero las paredes celulares de estos tejidos consisten en celulosa y materias pécticas, mientras que las células más externas están cubiertas de una capa de grasa (cutina). Este tejido forma una barrera resistente a la penetración de la mayoría de los microorganismos que penetran fácilmente en los tejidos internos. Las barreras externas pueden dañarse de diversas maneras. Una obvia es la lesión del tejido epidérmico por causas externas, una vez superadas las barreras externas, los microorganismos oportunistas se aprovecha de la disponibilidad de nutrientes del tejido lesionado y causan un deterioro adicional (Hayes, 1993).

Una característica importante de la mayoría de los microorganismos alterantes, es su capacidad de secreción de enzimas pectolíticos que ablandan y desintegran los tejidos vegetales. Por lo tanto, el crecimiento de mohos causa una grave desintegración tisular originando zonas blandas mohosas, este tipo de alteración se conoce como podredumbre.



Tabla 15. Evaluación de la calidad microbiológica de zarzamoras con recubrimiento comestible a base de gelatina al 2 y 3% con tiempos de inmersión de 5 minutos y 10 minutos, conservadas en envases PET y almacenadas a 5 ° C y 85 % HR.

| Tratamiento | Mohos y levaduras | | Mesófilos aerobios | | Coliformes totales | |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|
| | Primer día (UFC/g) | 11° día* (UFC/g) | Primer día (UFC/g) | 11° día (UFC/g) | Primer día (UFC/g) | 11° día (UFC/g) |
| CONTROL | 1.1 x 10 ³ | 1.1 x 10 ³ | 2.0 x 10 ² | 7.0 x 10 ³ | NP | NP |
| 2% gelatina, 3% ácido cítrico, T inmersión= 5 min | 1.0 x 10 ² | 4.0 x 10 ² | 2.0 x 10 ² | NP | NP | NP |
| 2%gelatina, 3% ácido cítrico T inmersión= 10 min | 4.3 x 10 ³ | 7.6 x 10 ⁵ | NP | 1.2 x 10 ⁴ | NP | NP |
| 3% gelatina, 3% ac. cítrico, T inmersión = 5 min | 3.2 x 10 ³ | 1.8 x 10 ³ | 1.0 x 10 ⁴ | NP | NP | NP |
| 3% gelatina, 3% ac. cítrico T inmersión= 10 min | 8.2 x 10 ³ | 1.1 x 10 ⁵ | 1.0 x 10 ² | NP | NP | NP |

Otros de los microorganismos evaluados fueron los coliformes totales, esta pueden estar presentes en las zarzamoras ya que se utilizan aguas residuales domésticas sin tratar, existe la posibilidad de que los alimentos vegetales recién cosechados estén contaminados por microorganismos patógenos para el hombre sobre todo por aquellos que producen trastornos gastrointestinales. La posibilidad de que los alimentos estén contaminados por microorganismos de esta misma procedencia, como son coliformes,



bacterias anaerobias patógenas procedentes de las aguas residuales, también las pueden contaminar otros.

Pero en el presente trabajo no hubo presencia de coliformes ya que se llevo a cabo una desinfección, la cual se puede decir que fue efectiva. Por otro lado, el ácido cítrico funcionó como un agente antimicrobiano ya que las bacterias no crecen en pH ácidos.

Los mesófilos aerobios son otros de los microorganismos evaluados en las zarzamoras con tratamiento y los controles, dentro de este grupo se incluye todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 30 °C. En este recuento se estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos. Refleja la calidad sanitaria de un alimento, las condiciones de manipulación, las condiciones higiénicas de la materia prima. Se cree que la contaminación de mesófilos aerobios fue ocasionada por el ambiente en el cual se llevo a cabo el proceso, tanto en los materiales como en el aire. Sin embargo, un recuento bajo de mesófilos no implica o no asegura la ausencia de patógenos o sus toxinas, de la misma manera un recuento elevado no significa presencia de flora patógena.

De acuerdo a la NOM- 093- SSA- 1994 específica que para ensaladas de hortalizas verdes crudas o de frutas, el límite máximo permisible de mesófilos aerobios es de 1.5×10^5 UFC/ g, tanto los tratamientos como el control están por debajo de los límites permitidos.

En el estudio realizado por Pérez y Ramos, (2006) en fresas Camarosa con recubrimiento comestible, reportaron la presencia de coliformes totales en las fresas sin tratamiento, En cuanto a la cuenta de mohos y levaduras no tuvieron presencia las fresas con tratamiento esto debido a la acción del ácido acético, el cual ejerció una acción microbiana al penetrar en la pared celular, en las fresas sin tratamiento hubo presencia de hongos al inicio y al final del almacenamiento.



6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye lo siguiente:

- Los tratamientos de gelatina al 2 y 3% de gelatina, con 3% de ácido cítrico no afectaron de manera significativa los parámetros de calidad (sólidos solubles, acidez, pH), logrando una vida útil de 9 días y reduciendo la pérdida de peso hasta un 29% por el efecto de la modificación de la atmósfera que rodea al fruto.
- El color de las zarzamoras con tratamiento se vio favorecido por los tratamientos con recubrimiento, encontrándose una mayor luminosidad y cromaticidad con respecto al control, ayudando a mejorar la apariencia de los frutos.
- El índice de decaimiento mostró que tiempos de inmersión de 10 minutos afectaron la apariencia de las zarzamoras, ya que se presentaron mohos por la exposición de los nutrientes en zarzamoras reventadas. Esto debido a que la zarzamora es una fruta blanda, la cual es susceptible a lesiones mecánicas.
- La respiración de las zarzamoras no se afectó por el recubrimiento aplicado, manteniendo su comportamiento no climatérico durante el almacenamiento refrigerado.
- Las mejores condiciones para la aplicación de los recubrimiento fueron: 2 y 3% de gelatina y tiempos de inmersión de 5 minutos para zarzamoras variedad 'Brazos'; bajo estas condiciones se obtuvieron frutos que preservaron los parámetros de calidad, controlaron la pérdida de peso y mantuvieron buena calidad microbiológica de acuerdo a la norma para producto frescos.



7. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo se recomienda lo siguiente:

- ❑ Evaluar el efecto de la aplicación del recubrimiento comestible evaluando los cambios en los antocianos, pigmentos responsables del color característico de las zarzamoras así como los cambios en la vitamina C a lo largo del almacenamiento.
- ❑ Determinar la actividad de las enzimas celulasa (CEL), pectatoliasa (PEL), y pectin metilesterasa (PEM) y relacionarlo con los cambios de firmeza en zarzamora.
- ❑ Estudiar el efecto del ácido cítrico en concentraciones bajas sobre los parámetros de calidad de la zarzamora.
- ❑ Evaluar otras películas comestibles como quitosán, proteínas lácteas, almidón, etc. aplicadas en frutillas para alargar la vida útil y darle un valor agregado.
- ❑ Estudiar otros métodos de aplicación del recubrimiento que evite daños a las zarzamoras, tales como la aspersión o la nebulización.



8. REFERENCIAS

- Almaguer, V. G. (1998). *Principios de fruticultura*, 3ª editorial Mundi-Prensa, México, pp. 454-468.
- A.O.A.C. (1980). *Official Methods of Analysis*. Ed. Association of Analytical Chemis, EUA. PP 1141.
- A.O.A.C. (1994). Association of the oficial Analytical Chemistry. *Official Methods of analysis*, 14th USA. Edittion. 234-247 pp.
- Arthey, D. y Ashurts, P. (1997). *Procesado de frutas*. Ed. Acribia. España, pp. 56-67.
- Aragon S. N. (1992). Problemas fitopatologicosn durante postcosecha y su control. En : E. M. Yahia e I. Higuera (ed.). *Fisiologia postcosecha de productos hortícolas*. Editorial Limusa, México, pp 73-81.
- Avena-Bustillos R.J.; Krochta, J. ; Salveit, M. ;Rojas-Villegas, R.Sauceda-Perez, J. A. (1994) Optimizationof edible coating formulations on zuchini to reduce water loss, *Journal Food Engineering*, 21(5):197-214.
- Badui, D. S. (1999). *Química de los alimentos*. Pearson Educación, México, pp. 648.
- Baldwin, E.A.; Nisperos-Carriedo, M. O.; Hagenmaier, R.D. y Baker, R.A. (1997). Using Lipids in Coatings for Food Products. *Food Technology*, 51(6): 56-64.
- Banker, G. S. (1996). Film coating: theory and practice. *Journal Pharm. Sciency.*, 55(7): 81-89.
- Barrera, M. S. (2003). Factores diversos en la coloración irregular en zarzamora. Tesis Maestria. Colegio de postgraduados; Chapingo, México. pp. 23-67.
- Bautista, S.; Hernandez, M.; Guillen, D. (2006). Influencia del recubrimiento con quitosano y la temperatura de almacenamiento en la calidad postcosecha y niveles de infección en la ciruela mexicana. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, Hermosillo, México. 002(7):114-121.
- Bosques-Molina, E. (2007). Desarrollo de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para la conservación de



- frutas, UAM – Iztapalapa Biotecnología. Disponible en :<www.Desarrollo%20%películas%20comestible>.
- Cajuste, B. J.; López, L. L.; Rodríguez, A. J.; Reyes, S. M. (2000). Caracterización fisicoquímica de tres cultivares introducidos de zarzamora erecta (*Rubus sp.*). Fruticultura, Colegio de Postgraduados. Universidad Autónoma Chapingo, México.
 - Cano, M. R. y Rodríguez, A. J. (1989). Caracterización del fruto de cinco cultivares de zarzamora erecta (*Rubus spp.*). Memorias Congreso Nacional SOMECH. III, pp.31-33
 - Casariego, A.; Cossío, G.; Díaz, R.; González, J. (2001). Propiedades mecánicas de películas de quitosana elaboradas con ácido láctico: influencia de la concentración de ácido y el tipo de concentración del plastificante *Alimentaria*, 21(5): 21- 24
 - Casariego, A., Díaz, R., Paredes, K., y Torrez, Z. (2004). Evaluación del espesor y las propiedades ópticas de las películas biodegradables *Alimentaria* 352(4): 153-156
 - Castañeda-Segura, E. y Oviedo-Hernández, J. (2005). Propuesta técnica para la instalación de una planta congeladora de zarzamora (*Robus Spp*). Tesis Profesional, *FESC-UNAM*, pp. 3-5.
 - Charley H. (1987). *Tecnología de alimentos*. Ed. Limusa, México, pp.78-98.
 - Chávez – Franco. S. (1996). Propiedades biomecánicas de los frutos, caso zarzamora. En Memoria Curso de Actualización. Frutas con fruto en el comercio internacional. Fundación Salvador Sanchez Colin. CITAMEX. S. C. México, pp.165.
 - Cheftel, J. C. (1983). *Introducción a la bioquímica y tecnología de alimentos*, Ed. Acribia, Vol. 2. Zaragoza, pp. 31-46.
 - Colinas L., M. (1992). Desordenes fisiológicos de productores. En. Yahia e I. Higuera (ed.): *Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas*. Editorial Limusa, México, pp. 65-71.
 - Cox, P. M. (1987). Ultracongelación de alimento, Editorial Acribia, Zaragoza, España, pp 6-41



- Croquist, A. (1977). *Introducción a la botánica*. 2ª edición. Editorial Continental México, pp. 651-677.
- Debeaufort, F.; Quezada-Gallo, J. A.; Voilley, G. (1998). Edible Films and coatings: tomorrow's packaging. *Crit. Rev. Food Sci.* 38: 299-313
- Díaz M. D. (2002). *Fisiología de los árboles frutales*. AGT Editor, México, pp. 211-285.
- Díaz, R.; Casariego, A.; González, J.; Paredes, K.; Torres, Z.; Fernández, S.(2002). Evaluación de las propiedades mecánicas de las películas biodegradables: efecto de la concentración de quitosana y la concentración de sorbitol *Alimentaria*, 338(5): 29-31.
- Dickinson, E. y Stainsby, G. (1988). Emulsion Stability. En: *Advances in Food Emulsions and Foams*. Dickinson, E. y Stainsby, G., (Eds). Elsevier Applied Science Publishers, Londres, Reino Unido. 121-134 pp.
- Domínguez, E.; Cortez, V.; Olvera, L.; Vernon, J.; Bosquez, E. (2003). Aumento de la vida postcosecha del limón mexicano (*citrus auratifolia Swingle*) producido en Apatzingan, Michoacán mediante el uso de recubrimientos naturales a diferentes temperaturas. *Revista Iberoamericana de Tecnología de Postcosecha*, 002(5):128-133
- Egan, H. (1988). *Análisis químico de Pearson*. Ed. Continental, México. pp. 556-567.
- Evans, J. D. y Sikdar, S.K. (1990). Biodegradable plastics: an idea whosetime has come. *Chemical Technology*, No. 20, pp. 38-42
- FAO (1993). *Prevención de pérdidas de alimentos postcosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos*. Manual de capacitación N° 12/2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma. pp. 84.
- FAO (2006). Database. FAOSTAT. Disponible en: www.fao.org
- Fennema, O, R. (2000). *Química de los alimentos*. Ed. Acribia, Zaragoza .España. pp.123-1089.
- Flores, G. A. (2000).
- *Manejo de postcosecha de frutas y hortalizas en Venezuela*. 2ª UNELLEZ, pp.187



- Galietta, G.; Harte, F.; Molinari, D.; Capdeville, R. (2004). Aumento de la vida Postcosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. Unidad de tecnología, Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental de Uruguay. 002(6):117-125.
- Gallegos G. Daniel, (1997). Manejo de cosecha y Postcosecha para la comercialización de frutos y hortalizas en fresco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, pp. 9,10.
- Garcia M. A.; Martino, M. N.; Zaritzky, N. E. (2000a). Plasticized Starch-based Coatings to improved strawberry (*Fragaria x Aranossa*) Quality and Stability, *Journal Agric. Food Chem.*, 46(9): 3758-3767.
- Garcia M.A.;Martino, M. N.; Zaritzky, N. E. (2000b). Lipid addition to improved barrier properties of edible starch-based films and coating, *Journal Food Science*, 65 (5): 941-947.
- Greener, D. I. y Fennema, O. (1994). Edible Films and Coatings: Characteristics, Formation, Definitions and Testing Methods. En: J.M. Krochta, E.A. Baldwin y M. Nisperos-Carriedo (Eds.) *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Technomic, Lancaster, Pensilvania, EUA. pp.1-21.
- González-Aguilar, G. A.; Ruiz-Cruz, S.; Cruz-Valenzuela, R.; Rodríguez-Félix, A.; Wang, C. Y. (2004). *Physiological and quality changes of fresh-cut pineapple treated with antibrowning agents*. Disponible en: <www.sciencedirect.com.mx>
- Guilbert, S. y Biquet, B. (1996). Edible films and coatings. En: Bureau, J. L. (Eds) *Food Packaging Technology*. New York.
- Hayes, P. R. (1999). Microbiología e higiene de los alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza. pp 12-85.
- Hobson, G.E. (1993). *Maduración del fruto*. En: AZCON-Bieto, J. y M. Talon (ed.). *Fisiología y Bioquímica Vegetal*. Editorial Mc Graw Hill, Madrid, España, pp.463-477.
- Holdswort, S. D. (1988). *Conservación de frutas y hortalizas*. Editorial Acribia, Zaragoza, España. pp. 1-120.



- Hulme, A. C. (1970). *Biochemistry of Fruit and their Products*. Vol II. Academic Press London and New York. pp.122
- Hoyos, R. y Urrego, L (1997). Empaques y/o películas comestibles y biodegradables. Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia Medellin, Colombia. pp. 107.
- Jiang, Y.; Li, Y. (2001) Effects of chitosan on postharvest life and quality of longan fruit. *Journal Food Chemical*, 60 (7): 142-144.
- Kader, A. A. (1983). Postharvest Quality Maintenance of Fruits and Vegetables in Developing Countries. En: Lieberman, M., (ed) *Post-Harvest Physiology and Crop Preservation*. Plenum Publishing Corporation. pp. 455-469.
- Kader, A. A. (1992). Indices de madurez , factores de calidad, normalización e inspección de productos hortícolas, En : M. Yahia e L. Higuera(ed.). *Fisiología poscosecha de productos hortícolas*. Editorial Limusa, D.F. pp. 49-57
- Kester, J.J. y Fennema, O.R. (1986). Edible Films and Coatings. A Review. *Food Technology*. 40(11):47-59
- Kristo, E.; Biliaderis, C.; Zampraka, A. (2007). Water vapour barrier and tensile properties of composite caseinate-pullulan films: Biopolymer composition effects and impact of beeswax lamination. *Food Science and technology* .101 (11): 753-764.
- Lamikanra, O.; Watson, M. A. (2000). Effects of Ascorbic Acid on Peroxidase and Polyphenoloxidase Activities in Fresh-cut Cantaloupe Melon. *Journal of Food Science*, 9 (66): 1283-1286.
- Lee, H. G.; Kwang, Y. L. Y Shim, J. (2003). Mechanical properties of gellan and gelatine composite films. *Carbohidrate Polymers* 56 (11).
- Lira S., R. (1994). *Fisiología vegetal*. Editorial Trillas, México, pp. 105-192.
- Livera, M. M. y Lagunes, T. A. (1999). La zarzamora y la frambuesa: Cultivos de agronegocios rentables generadores de empleo. En: A. Muratalla, M. Livera, A. Apango, S. Madrigal y F. Rodríguez (ed.). Curso de capacitación para productores de zarzamora y frambuesa de la delegación Cuajimalpa de Morelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp 1-4.



- López, C. A. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Del campo al mercado. Boletín de servicios agrícolas 151 de la FAO. Argentina. pp. 152.
- Lowry, O. H.; Rosebrough, N. J.; Farr, A. L.; Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal Biology and Chemistry*, 193: 265-275.
- Maftoonazad, N. ; Romanswany, H. S. (2005). Postharvest shelf-life extension of evocados using methyl, cellulose-based coating. *Elsevier. LWT(38)*, pp 617-624.
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27:1254-1255.
- Mancini, F.; McHung, T.H. (2000). Fruit –alginate interactions in novel restructured products. *Nahrung*, No.44, pp. 152-157.
- Martin-Belloso O.; Soliva-Fortuny, R.C.; Balwin, E. (2005). Conservación mediante recubrimientos comestibles, En; *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*, González-Aguilar, A. Gardea, F Cuamea-Navarro (eds), México CIAD, pp 341-356.
- Mitcham, E. J.; Crisosto, C. H. y Kader, A. A. (1996). Bayas (Berries): Zarzamora (Mora), Arandano Azul, Arandano Rojo y Frambuesa. Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha Departamento de Pomología. Davis, California. pp.3.
- Moore, J.N. y Skirvin, R.M. (1990). Blackberry Management. En: G.J. Galleta and D.G. Himelrick Small Fruit Crop Management, Prentice Hall, Inc, New Jersey. USA. pp. 214-244.
- Muñoz R.M. y Juárez D. M. (1997). *El comercio de frutillas menores, el caso de la frambuesa y zarzamora*. Chapingo. México pp. 89.
- Muratalla, L. A.; F. Barrientos, P.; Rodríguez A.; Segura, L.; Cárdenas, N. y Nateras, U. (1993). Manejo de variedades de zarzamora, tipo erecto. En: *Primera Reunión Nacional sobre Frutos Exóticos con Demanda Nacional e Internacional*. Uruapan. Michoacán. pp. 19-38.
- Muratalla L. A.; Livera y M. A. Galindo (1999). Establecimiento y cultivo de zarzamora (*Robus spp.*) En: *Primer curso de capacitación para productores de*



- zarzamora en el Estado de Guerrero, Rico, A. C.; Muratalla, A. y González V.A. (ed.). Colegio de Postgraduados. Chapingo, México, pp19-35.
- Pantastico, E. B. (1975). *Post-harvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables*. The avi Publishing company, Inc. USA. 1-314pp.
 - Paredes, L.O. (1994). Películas protectoras para frutos. *Tecnología de Alimentos*, 56(5), pp. 987.
 - Pérez, B.; Bringas, E.; Saucedo, C.; Nuñez Villavicencio, M. (2003a). Efecto del uso de cera comestible en las características físico-químicas de melón cantaloupe. *Revista Iberoamericana de Tecnología de Postcosecha*, 5(2):140-147.
 - Pérez, B.; Cruz, L.; Baez, R. (2003b). Aplicación de cera comestible en mango. Parte 1: Efecto en las características físico-químicas durante el almacenamiento comercial. *Revista Iberoamericana de Tecnología de Postcosecha*. 5(2):100-112.
 - Pérez, G. C.; 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 de Licenciatura, UNAM, pp. 164.
 - Primo, Y. E. (1997). *Química de alimentos*. Ed. Síntesis. Madrid, España, pp. 320-461.
 - Ockerma, H.W. y Hansen, C. L. (2000). *Animal by-products processing and utilization*. Editorial Press, London, pp.387.
 - Pascual, A. R. y P.V. Calderón (1999). *Microbiología Alimentaria*. Metodología analítica para alimentos y bebidas. Ed. Díaz de Santos, España, pp.484.
 - Pearson, D. (1998). *Técnicas de Laboratorio para el análisis de alimentos*. Editorial Acribia, 3^{ra} Edición, Zaragoza (España), pp. 331.
 - Porry, R. T. (1993). Envasado de alimentos en Atmosferas Modificadas. Ed. A. Madrid Vicente, Zaragoza, España. pp. 34-56.
 - Primo, Y. E. (1997). *Química de alimentos*. Ed. Síntesis. Madrid, España, pp. 461.
 - Quevedo-Preciado, K. L.; Villegas-Ochoa, M. A.; González-Ríos, H.; Rodríguez-Félix, A. (2005). Calidad de nopal verdura mínimamente procesado. Efecto de la temperatura e inhibidores del oscurecimiento, *Revista Fitotecnia Mexicana*, 3 (28): 261-270.



- Rojas, P.E. (1979). Monografías de colágeno y sus aplicaciones. Tesis Licenciatura Química, Facultad de Química. UNAM. pp.69
- Rojas-Graü, M. A.; Tapia, M.S.; Martín-Belloso, O. (2007). Empleo de recubrimientos comestibles en frutas frescas cortadas; nuevo enfoque de conservación y desarrollo de productos, *Alimentaria*, 382(4):105-118.
- Ryugo, K. (1993) . Fruticultura ciencia y arte. AGT Editor, México, pp 11-389.
- SAGARPA (2006). Servicio de información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP. Disponible en: < www.sagarpa.gob.mx >

- Salvador, A.; Cuquerella, J.; Monterde, A. (2003). Efecto del quitosano aplicado como recubrimiento en mandarinas “Fortune”. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 5(2):122-127.
- Saucedo, V. C. (1999). Transformación de la frambuesa y zarzamora y su producción industrial en pequeña y mediana escala. En: *Curso de capacitación para productores de zarzamora y frambuesa de la delegación Cuajimalpa de Morelos* Muratalla, M.; Livera, M.; Apango, A. (ed). Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, pp. 83-90.

- SEDER (2007). Zarzamora perfil comercial. Estado de Colima. Disponible en: < www//seder.col.gob.mx/Perfiles/zarzamora.pdf>.

- SSA (1994a). Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Disponible en: <<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/111ssa14.html>>
- SSA (1994b). Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Disponible en: <<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/113ssa14.html>>

- USDA National Nutrients for Estándar Reference. Publication 17 (2004). Disponible:
□ <http://www.nal.usda.gov/fnio/foodcomp/search/> Consulta realizada en enero del 2005) □

- Westood, M. N. (1982). *Fruticultura de las zonas templadas* .Editorial Mundi Prensa, Madrid, España, pp. 217-311.

- Will, R. (1999). *Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección*. Ed. Acribia. España, pp. 34-45



-
- Wills, R.; B. McGlasson.; D. Graham, y D. Joyce. (1998). *Introducción a la fisiología y manipulación postcosecha de frutas, hortalizas plantas ornamentales*. 2^a ed. Editorial Acribia, Zaragoza, España. pp. 229.
 - Wong, D. W.; Tilin, G.J.; Hodson, J. S. (1994). Gas exchange in cut apples with bilayer coatings. *Journal Agric. Food Chem.* 42: 2278-2285.
 - Yang, L.; Poulson AT. (2000). Mechanical and water vapor barrier properties of edible gellan films. *Food Res. Int.* 33: 563-570
 - Zamorano, U. J. y Ríos, H. S. (2004). Importancia y perspectiva de los productos no tradicionales en México. *Claridades agropecuarias*, pp. 132:9-19.