



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE UN
RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE
GELATINA EN LA CALIDAD DE FRESA
(*Fragaria vesca*, L.) ALMACENADA EN
REFRIGERACIÓN.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

P R E S E N T A N:

**CARLA KARINA PÉREZ GUILLÉN
KAREN RAMOS LÓPEZ**

ASESORA: DRA. MARÍA ANDREA TREJO MÁRQUEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Este trabajo fue financiado por la Cátedra de Investigación: " Tecnología de Productos Vegetales (IN2-9)"

Se agradece al Dr. Juan Manuel Aceves su contribución a este proyecto de tesis por otorgar las muestras de colágeno estudiadas.

La asesoría de la MC. Norma Angélica Camacho de la Rosa en la técnica analítica de la actividad enzimática.

Se agradece al Departamento de Ingeniería y Tecnología por permitirnos el uso del Colorímetro Minolta CR-300. Asimismo al Sr. Arturo Medina Martínez por las atenciones prestadas durante el trabajo experimental.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que me brindó un lugar en ella para poder llegar a la formación académica profesional, gracias por hacerme participe de la Honorable Máxima casa de Estudio.

A todos aquellos Profesores que apoyaron en mí formación académica y que dejaron huella.

A la Dra. María Andrea Trejo Márquez: profesora, gracias por habernos apoyado en el trabajo de Tesis, de ayudarnos a llegar al la culminación de esta y por ser una parte fundamental en nuestra formación profesional y por su amistad.

Dedicatorias

A Dios: Por haberme dado la fortuna de existir en este mundo y darle las gracias porque día a día me ha permitido seguir en el y de permitirme llegar a la culminación de este gran logro, ya que es nuestra fuerza y una ayuda ante los problemas.

A mis Padres: María Guillén Salinas y Alfredo Pérez Callejas

No se como agradecerles el infinito amor que me tienen, la paciencia y la gratitud para ayudarme a llegar hasta este punto de mi vida porque se que ustedes han sido una parte fundamental en este trabajo y en el de toda mi vida, gracias por sus enseñanzas, por sus sacrificios y por todos los momentos felices que hemos pasado juntos en esta vida y más por ser mis padres con toda mi admiración y amor.

A mis Hermanos : Víctor, Eduardo, Alfredo y Ivett, por ser parte de mi familia y de compartir con ustedes risas, compañerismos y momentos importantes como este y además de agradecerles la ayuda que me han brindado durante este período de mi vida, recuerden que los quiero.

A mis sobrinitos: Karen y Johan, a mi cuñada Adriana que han venido hacer la alegría de nuestra familia, y de recordarnos momentos felices de nuestra niñez y de saber que siempre habrán vendrán tiempos mejores.

A toda la familia: que sin duda han sido una parte esencial en este trabajo y en el transcurso de la vida gracias por todas sus bendiciones y por toda su ayuda que nos han brindado.

A Mis Amigas

Karen y Selene: Con ustedes aprendí el verdadero sentido de tener amigas, por ser una parte importante en esta etapa, ya que comprendí el verdadero significado de la amistad que he aprendido con ustedes que un amigo te acompaña en tus logros y tus fracasos, celebra tus alegrías comparte tu dolor y nunca te abandona gracias por ser mis amigas y de ayudarme en los casos más difíciles de mi vida gracias y de agradecerle a Selene por toda la ayuda brindada en este trabajó.

Karen quiero darte las gracias por compartir esta etapa de la vida profesional y por conocernos más y saber que no hay nada imposible, porque los sueños de ayer son las esperanzas de hoy y pueden convertirse en realidad mañana.

A la generación 25: que fue una generación donde se fue forjando mi formación académica, donde encontramos grandes amistades y apoyos.

A los compañeros del Laboratorio de Postcosecha: a Edna, Maricela, César, Hugo, Selene, Gaby, Adela, Isaac, Lupita, Sergio y Benito, gracias por su apoyo su amistad y apoyo durante todo este tiempo.

Carla K.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México:

Por abrirme sus puertas, porque pertenecer a la máxima casa de estudios de México y Latinoamérica formó en mí ese espíritu universitario que hoy me permite llegar a este momento.

A todos los profesores que contribuyeron a mi formación profesional durante mi estancia en la Universidad; por su ejemplo, por enseñarme que la dedicación y superación constante son la base de cualquier éxito.

A la Dra. Andrea Trejo Márquez:

Por otorgarme su confianza para realizar este proyecto de tesis y abrirme las puertas de su laboratorio, por sus consejos, por su tiempo y alentarme a seguir adelante buscando siempre la excelencia.

Dedicatorias

A Dios:

Este trabajo está dedicado a ti por darme la vida, tu amor y amistad, porque a ti te debo todo lo que soy y por nunca dejarme sola.

A mis padres, Santiago Ramos Granillo e Iginia López Sánchez:

El esfuerzo, la constancia y nunca rendirse son las herramientas que he aprendido de ustedes, son las mismas con las que hoy concluyo esta etapa en mi vida y que comparto con ustedes con mucho amor, gracias por creer en mí; pero sobretodo gracias por ser mi papá y mi mamá!.

A mis hermanas Jacqueline, Mayra y Selene:

Por su cariño, ejemplo, sus consejos y por ser mis hermanas, les dedico este logro, las quiero mucho.

A mis amigas Selene y Carla:

Carla gracias por compartir este proyecto conmigo, a las dos, gracias por escucharme, por su paciencia y darme su amistad y cariño siempre.

A mis amigos y compañeros:

Este trabajo está dedicado a mis compañeros de la carrera de Ingeniería en Alimentos Gen. 25 con los que compartí esta etapa tan maravillosa, en especial a aquellos con los que cursé el Paquete Terminal de Frutos y Vegetales.

A todos mis compañeros del Laboratorio de Postcosecha de Productos Vegetales:

Les comparto este logro con mucho cariño por todos los momentos que compartimos juntos, en especial a Edna, César, Maricela, Hugo, Lupita, Gaby, Selene, Adela, Isaac y Sergio, a Benito y Laurita; trabajar con ustedes fue muy divertido.

A Oscar:

Por regalarme siempre tu alegría y darle un sentido especial a mi vida.

A ustedes:

Lupita Ramírez, Josefina González A. y Mateo Martínez, por su amistad y cariño, porque conocerlos en esta etapa de mi vida fue muy agradable, les agradezco por los momentos que he compartido con ustedes.

Karen

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1 Generalidades de la fresa	3
2.2 Morfología de la fresa	3
2.3 Importancia Económica	5
2.4 Variedades cultivadas en México	9
2.5 Composición química de la fresa	11
2.6 Cambios fisiológicos durante la maduración	12
2.7 Pérdidas Postcosecha	17
2.7.1 Enfermedades	18
2.7.2 Plagas	20
2.7.3 Daños Mecánicos	21
2.7.4 Daños por almacenamiento a bajas temperaturas	22
2.7.5 Otros factores	22
2.8 Tecnología Postcosecha para conservación de fresas	23
2.9 Películas comestibles y biodegradables para alimentos	26
2.9.1 Propiedades funcionales de las películas comestibles y/o biodegradables	26
2.9.1.1 Permeabilidad al CO ₂ y O ₂	27
2.9.2 Materias primas de las películas comestibles y/o biodegradables	28
2.9.2.1 Polisacáridos	28
2.9.2.2 Proteínas	30
2.9.2.3 Lípidos	37
2.9.2.4 Surfactantes	38
2.9.2.5 Agentes conservadores antimicrobianos	38
2.10 Envases para atmósfera modificada	40
2.10.1 Requerimientos de un envase o de los materiales de envasado	42



3.OBJETIVOS	43
4. MATERIALES Y MÉTODOS	44
4.1 Cuadro Metodológico	44
4.2 Material Biológico	46
4.3 Selección y acondicionamiento de la materia prima	46
4.4 Evaluación física y química de las fresas	46
4.5 Aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en fresas conservadas a granel y almacenadas en refrigeración	46
4.5.1 Selección de la formulación del recubrimiento	46
4.5.2 Elaboración del recubrimiento comestible	47
4.6 Aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en fresas conservadas en envases de PET y almacenadas en refrigeración	50
4.6.1. Selección de la formulación del recubrimiento comestible	50
4.6.2 Elaboración del recubrimiento comestible	51
4.6.3 Caracterización del envase de PET	51
4.7 Aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en fresas 'listas para consumir'.	54
4.7.1 Selección de la formulación del recubrimiento	54
4.7.2 Elaboración del recubrimiento comestible	54
4.8 Métodos Analíticos.	58
4.8.1 Evaluación química de las fresas	58
4.8.2 Parámetros de Calidad	59
4.8.3 Parámetros Fisiológicos	62
4.8.4 Determinación de la calidad microbiológica	63
4.8.5 Actividad Pectinliasa	64
4.9 Métodos Estadísticos	65
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66
5.1 Caracterización física de la fresa	66
5.2 Caracterización química de la fresa	66
5.3 Características fisico-químicas de la fresa	68

5.4 Efecto de la aplicación del recubrimiento comestible sobre los parámetros de calidad en fresas a granel almacenadas en refrigeración	69
5.4.1 Cambios en la acidez	73
5.4.2 Cambios en los sólidos solubles	75
5.4.3 Cambios en el pH	77
5.4.4 Cambios en la Firmeza	79
5.4.5 Cambios en el Color	82
5.4.6 Pérdida de peso durante el almacenamiento	86
5.4.7 Pérdida de Diámetro	89
5.5 Efecto de la aplicación del recubrimiento comestible en los parámetros de calidad y fisiológicos en fresas conservadas en envases de PET y refrigeradas	91
5.5.1 Cambios en la acidez	92
5.5.2 Cambios en los sólidos solubles	94
5.5.3 Cambios en el pH	96
5.5.4 Cambios en la firmeza	97
5.5.5 Cambios en los parámetros de color	99
5.5.6 Pérdida de peso	103
5.5.7 Pérdida de diámetro	106
5.6. Parámetros Fisiológicos	108
5.6.1 Cambios en la Respiración	108
5.7 Efecto de la aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en los parámetros de calidad en ‘fresas listas para consumir’	110
5.7.1 Cambios en la acidez	111
5.7.2 Cambios en los sólidos solubles	114
5.7.3 Cambios en el pH	116
5.7.4 Cambios en la firmeza	118
5.7.5 Cambios en los parámetros del color	121
5.7.6 Pérdidas de peso	126
5.7.7 Pérdida de diámetro	130
5.8 Parámetros fisiológicos	132
5.8.1 Cambios en la respiración	132



5.9 Evaluación Microbiológica en ‘fresas listas para consumir’	134
5.9.1 Índice de decaimiento en ‘fresas listas para consumir’	138
5.10 Determinación de la actividad enzimática de Pectinliasa en ‘fresas listas para consumir’	140
6. CONCLUSIONES	146
7. RECOMENDACIONES	148
8. REFERENCIAS	150
9. ABREVIATURAS	164

**ÍNDICE DE TABLAS**

Número		Pág.
1	Producción mundial de fresa	6
2	Composición química y aporte nutritivo de fresa	12
3	Principales cambios durante la maduración de la fresa	14
4	Principales Tratamientos Postcosecha aplicados en fresa para mejorar la calidad	24
5	Acción inhibitoria de ácido acético sobre microorganismos	40
6	Formulaciones evaluadas para la conservación de fresas a granel	47
7	Formulaciones evaluadas para la conservación de fresas en envases de PET	50
8	Formulaciones evaluadas para la conservación de fresas listas para consumir	54
9	Escala del índice de decaimiento en fresa	62
10	Parámetros físicos de la fresa	66
11	Composición química de la fresa	67
12	Parámetros fisicoquímicos de la fresa	68
13	Cambios en la actividad de Pectinliasa (PL) en 'fresa listas para consumir' durante su almacenamiento a 5°C y 85 % HR	143



ÍNDICE DE FIGURAS

Número		Pág.
1	Esquema de la planta de la fresa	4
2	Estructura de la fresa	5
3	Participación por países de exportaciones de fresa en el mundo	7
4	Países importadores de fresas a nivel mundial	7
5	Principales estados productores de fresa en México	8
6	Fresa variedad 'camarosa'	9
7	Fresa variedad ' Chandler'	10
8	Fresa variedad ' Pico de pájaro'	10
9	Fresa variedad ' Parker'	10
10	Fresa variedad ' Tioga'	11
11	Diferencia en el patrón de la tasa respiratoria de un fruto climatérico y uno no climatérico durante el desarrollo, maduración y senescencia.	13
12	Mecanismos de reacción de la enzima Pectinliasa	17
13	Enfermedades de la fresa: A) Infección por <i>Botrytis cinerea</i> . B) Infección por <i>Rhizopus stolonifer</i>	19
14	Envase de PET en forma de almeja	41
15	Cuadro Metodológico	44
16	Aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en fresas conservadas a granel y almacenadas a 5°C y 85% HR	48
17	Aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5°C y 85% HR	53
18	Aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en fresas listas para consumir y almacenadas a 5°C y 85% HR	57
19	Determinación de sólidos solubles en fresa	59
20	Medición de pH en fresa	60



21	Determinación de firmeza en fresa	61
22	Medición del color en fresa	61
23	Medición de la respiración en fresa	63
24	Determinación de la calidad microbiológica en fresa	63
25	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina en la calidad de fresas conservadas a granel almacenadas a 5 °C y 85 % HR	71
26	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en la acidez de fresas conservadas a granel y almacenadas a 5 °C y 85% HR	74
27	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 fresas conservadas a granel y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	76
28	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en el pH de fresas conservadas a granel y almacenadas a 5° C y 85% HR	79
29	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en la pérdida de firmeza de fresas conservadas a granel y almacenadas a 5° C y 85% HR	80
30	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la Luminosidad de fresas conservadas a granel y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	83
31	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en el Tono de fresas conservadas a granel y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	84
32	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en el Cromo de fresas conservadas a granel y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	85
33	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 fresas conservadas a granel y almacenada a 5 °C y 85 % HR	88



34	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la pérdida de diámetro de fresa a granel y almacenada a 5°C y 85 % HR	91
35	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en la acidez de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85% HR	93
36	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 fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85% HR	95
37	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en el pH de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85% HR	96
38	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en la pérdida de firmeza de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5° C y 85% HR	98
39	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la Luminosidad de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	100
40	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en el Tono de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	101
41	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en el Cromo de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	102

42	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 fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	104
43	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la pérdida de diámetro de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	107
44	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la respiración de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	109
45	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible en la calidad de fresas listas para consumir y almacenadas a 5°C y 85 % HR	112
46	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en la acidez de fresas listas para consumir y almacenadas a 5 °C y 85% HR	114
47	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 fresas listas para consumir almacenadas a 5 °C y 85% HR	115
48	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en el pH de fresas listas para consumir y almacenadas a 5° C y 85% HR	117
49	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en la pérdida de firmeza de fresas listas para consumir y almacenadas a 5° C y 85% HR	119
50	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la luminosidad de fresas listas para consumir y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	122
51	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en el tono de fresas listas para consumir y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	123



52	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en croma de fresas listas para consumir y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	124
53	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 fresas listas para consumir y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	127
54	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la pérdida de diámetro de fresas listas para consumir y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	131
55	Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la respiración de fresas listas para el consumo y almacenadas a 5 °C y 85 % HR	133
56	Efecto del sustrato y pH en la actividad de la PL en fresa sin recubrimiento comestible con temperatura de incubación de 37°C	141
57	Cambios en la firmeza y la actividad de Pectinlasi (PL) en fresa durante el almacenamiento a 5°C y 85% HR	144



RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina en la calidad y vida útil de fresas variedad 'Camarosa' almacenadas a granel, en envases de PET y listas para consumir y conservadas en refrigeración .

Se realizó una evaluación de las propiedades físicas y químicas de fresa procedente de Baja California en estado fresco. En base a las características físicas de tamaño y color se seleccionaron lotes homogéneos, a los cuales se les aplicó un recubrimiento comestible a base de gelatina, tween, glicerol y como conservador se utilizó ácido acético a diferentes concentraciones (5, 3 y 0.5%). Se evaluaron diferentes concentraciones de gelatina (1, 2 y 3%) a diferentes tiempos de inmersión (1, 5 y 10 minutos). Se desarrollaron productos con diferentes presentaciones, obteniéndose fresas: a granel, envasadas en charolas de PET y 'listas para consumir' conservadas en refrigeración.

Se determinó que el recubrimiento comestible no afectó los parámetros fisicoquímicos tales como, pH, acidez, sólidos solubles en las 'fresas listas para consumir', a diferencia de las fresas conservadas a granel y en envases de PET, en las cuales el porcentaje de acidez aumentó significativamente con respecto a las fresas sin recubrimiento comestible. Se logró retrasar la senescencia de las fresas con recubrimiento comestible ya que las pérdidas de peso fueron menores con respecto a la máxima pérdida de peso que fue del 13% para las fresas sin recubrimiento y de 11%, 9% y 5% en las fresas conservadas a granel, en envases de PET y las 'listas para consumir', respectivamente. Además se logró una disminución de la respiración debido a la modificación de la atmósfera que proporcionó el recubrimiento hasta un valor de 16 mg CO₂/Kg PF h, en tanto que para las fresas sin recubrimiento su respiración fue de 70 mg CO₂/Kg PF h debido a la presencia de hongos a partir del quinto día de su almacenamiento.

En las 'fresas listas para consumir' se logró la reducción de la actividad enzimática de la pectinliasa por la aplicación del recubrimiento y se obtuvo una menor pérdida de firmeza (79%), con respecto a las fresas sin recubrimiento alargando la vida útil en un 50%.



1. INTRODUCCIÓN.

Las fresas (*Fragaria vesca*, L.) pertenecen a la familia *Rosaceae* y al género *Fragaria*. La planta de fresón es de tipo herbáceo y perenne. Es un fruto originario de Montes de Europa, Asia y América del Norte. Económicamente es un fruto muy importante para México ya que ocupa el quinto lugar a nivel mundial en cuanto a su producción y exportación, siendo Estados Unidos y España los principales productores (FAO, 2006).

El cultivo de fresa en México ocupa una superficie sembrada de 3 346 Ha y se cultiva en temporada de Otoño-Invierno principalmente en Guanajuato, Baja California Norte y Sur, Durango, Jalisco, México, Morelos, Veracruz y Zacatecas. En temporada de Otoño-Invierno, la mayor producción se genera en Michoacán (SAGARPA, 2006).

La fresa es un fruto no climatérico que se cultiva después de 30 a 40 días de la floración y cuando alcanza el color rosa a rojo típico (al menos en 2/3 ó 3/4 de la superficie) dependiendo del grado de calidad de cada variedad. Su vida útil es de 2 a 3 días después de la cosecha y de 4 a 5 días almacenadas en refrigeración. Este fruto posee una epidermis muy delgada y frágil que lo hace ser muy susceptible al daño mecánico durante la cosecha y almacenamiento. Sin embargo, las pérdidas poscosecha se deben principalmente a la podredumbre causada por la infección por *Botrytis cinerea* generando daños en la fresa tales como: pérdida de firmeza, color y sabor que conducen a una disminución en la vida útil (Thompson, 2003).

Para preservar la calidad de la fresa y extender su vida útil pueden utilizarse diversos métodos como la aplicación de atmósferas modificadas que se consigue comúnmente mediante su envasado en películas plásticas; la refrigeración y recubrimientos a base de proteínas, polisacáridos y lípidos cuyo fin es inhibir la migración de humedad, oxígeno y dióxido de carbono a los frutos disminuyendo el ataque fúngico y la pérdida de peso (Banker, 1996).



Específicamente, una alternativa es la aplicación de recubrimientos comestibles elaboradas a base de materiales considerados como desechos orgánicos procedentes de los huesos y cueros de animales tales como las reses y su aplicación tecnológica para aumentar la vida útil de las fresas conservando su calidad y mantener así su importante posición en el mercado nacional e internacional.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina en la calidad y vida útil de fresas variedad 'Camarosa' almacenadas a granel, en envases de PET y listas para consumir y conservadas en refrigeración .



2. ANTECEDENTES.

2.1 Generalidades de la fresa.

Las fresas y los fresones pertenecen a la familia *Rosaceae* y al género *Fragaria*. Originaria de Huelva, España, fue introducida en México a mediados del siglo XVIII donde encontró en los terrenos fértiles mexicanos las condiciones ideales para su cultivo (Arbo, 2001).

Es una planta vivaz silvestre, considerada la más antigua de todos los continentes, y que ha dado origen a más de 400 variedades. Su fruto es pequeño de forma ovalada y carne resistente, notablemente sabrosa y perfumada. La superficie cubierta de semillas de matices oscuros y sobresalientes (Arbo, 2001).

2.2 Morfología de la fresa.

La planta de la fresa está formada por raíces, tallos y corona; hojas, estolón, flores y frutos (Fig. 1).

Raíces: Surgen de la corona próxima a la superficie del suelo. Se dividen en primarias y secundarias. La profundidad enraizable en suelos sin limitaciones es de 30 cm (Robertson, 1994).

Tallos y corona: La fresa es considerada como herbáceo aunque los pequeños y cortos tallos se lignifican parcialmente. El tallo que sobresale del terreno se llama normalmente corona, no es otra cosa que un tallo acortado que contiene los tejidos vasculares y por encima de él se forman otras coronas secundarias o brotes. Del tallo salen largos peciolos que llevan las hojas (Robertson, 1994).

Hojas: Son pinnadas o palmadas, subdivididas en tres folíolos. Tienen muchas escamas en la axila de las hojas se forman yemas, que en función del número de horas de luz y de la temperatura serán fructíferas o vegetativas y darán origen a coronas secundarias, estolones o inflorescencia (Robertson, 1994).



Estolón: Es un brote largo, delgado, rastrero sobre el terreno, que se forma a partir de las yemas axilares que se forman de las hojas situadas en la base de la corona. El primer nudo es latente por lo general, pero a veces puede dar origen a otro estolón. En el extremo del estolón se forma una roseta de hojas que en contacto con el suelo emite raíces que forman una nueva planta. De esta manera se genera la reproducción por vía vegetativa de la especie (Robertson, 1994).

Flores: Las flores pueden ser hermafroditas o unisexuales con sólo órganos femeninos o masculinos. Las variedades cultivadas, salvo pocas excepciones, tienen flores hermafroditas. En el extremo del receptáculo, se encuentran los órganos femeninos o pistilos dispuestos en espiral y un número muy variable, formados cada uno por ovario, estilo y estigma que contienen un óvulo, el cuál una vez fecundado dará origen a un aquenio, llamado comúnmente pepita. Como resultado de la fecundación de los ovarios se desarrolla una infrutescencia (Robertson, 1994).



Figura 1. Esquema de la planta de la fresa
Fuente: González (2001).

Descripción del fruto: Es un fruto múltiple denominado botánicamente “etéreo”, cuyo receptáculo constituye la parte comestible (Fig. 2).

El **receptáculo** maduro tiene hasta 5 cm de diámetro de forma achatada, globosa, cónica, alargada con cuello, en cuña alargada y en cuña corta. Su color puede ser rosado, carmín, rojo o púrpura. El receptáculo ofrece una gran variedad de gustos, aromas y consistencia que caracterizan a cada variedad (González, 2001).

Los **aquenios**, llamados vulgarmente semillas, son frutos secos de aproximadamente 1 mm de largo que se encuentran insertados en la superficie del receptáculo en pequeñas depresiones más o menos profundas denominadas criptas, el color de los aquenios puede ser amarillo, rojo, verde o marrón.

Un fruto mediano suele tener de 154 a 200 aquenios, pudiendo llegar hasta 400 en los frutos de gran tamaño (González, 2001).

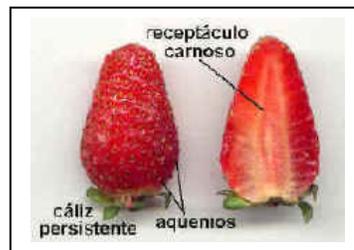


Figura 2. Estructura de la fresa.
Fuente: González (2001).

Resiste bajas temperaturas, exige riegos periódicos de acuerdo a la estructura física del suelo. Los suelos son de tierra muy ligera y de naturaleza ácida, saturados de materia orgánica por descomposición de residuos vegetales procedentes de la vegetación espontánea.

2.3 Importancia Económica.

La producción de la fresa a nivel mundial está regida por España, ya que hasta el año 2004 fue el país con mayor producción. México ocupó el quinto lugar a nivel mundial con una producción en el año 2005 de 152 261 Toneladas.

**Tabla 1.** Producción mundial de fresa.

Producción de Fresa (Toneladas)	Año
	2005
Estados Unidos de América	974 500
España	308 000
República de Korea	200 000
Japón	200 000
Polonia	180 000
México	152 261
Marruecos	106 100
Egipto	100 000

Fuente: FAO (2006).

El mayor exportador mundial fue España con una participación del 31.3% en el comercio mundial de los últimos años. Este país abastece principalmente a la Unión Europea. El segundo país en exportaciones fue Estados Unidos con una participación de 17.4%, seguido de Bélgica con 12.3%, Italia (8.8%) y en quinto sitio se encuentra México (7.4%), que en los últimos años ha ocupado uno de los primeros sitios por exportaciones (Fig. 3) (Comercio Exterior, 2004).

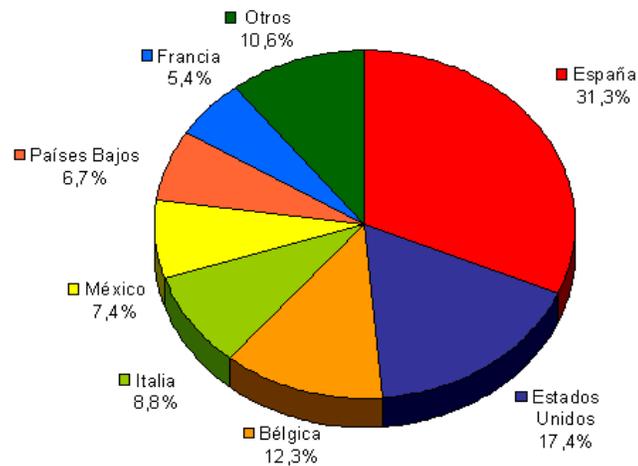


Figura 3. Participación por países de exportaciones de fresa en el mundo.
Fuente: Comercio Exterior (2004).

Alemania es el principal importador mundial de fresa con 125 000 Toneladas seguido de Francia con 89 000 Toneladas y Canadá con 50 000 Toneladas. En la figura 4 se muestra los principales países importadores de fresa.

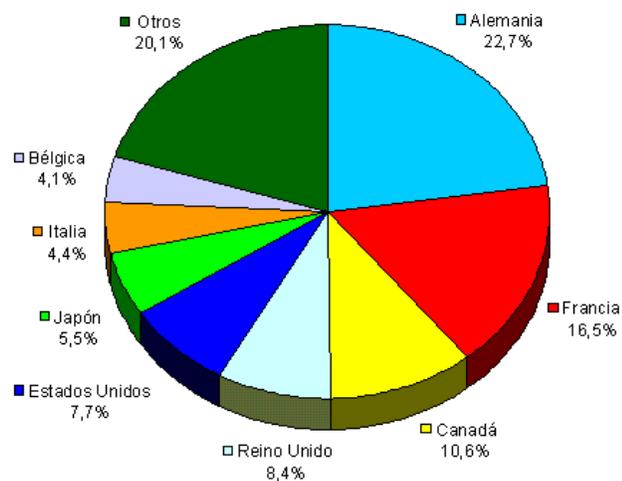


Figura 4. Países importadores de fresa a nivel Mundial.
Fuente: Comercio Exterior (2004).



En México, Michoacán es el primer estado productor de fresa del país, pues se considera que esta entidad participa con un 51% de la superficie sembrada, el 55% de cosecha y el 52% de la producción total del país en el ciclo otoño-invierno, mientras que el ciclo primavera-verano el principal productor es Guanajuato (SAGARPA, 2004).

La variedad mayormente cultivada en México es la ‘Camarosa’, aunque existen más de 1000 especies debido a su capacidad de hibridación, entre ellas la ‘Tudla’, ‘Oso grande’, ‘Cartuno’ y ‘Carisma’. Estas variedades son cultivadas en los Estados de Michoacán, Baja California Norte y Sur, Guanajuato, Jalisco, Morelos, Veracruz y Zacatecas (SAGARPA, 2004).



2.4 Variedades cultivadas en México.

La producción de fresa en México depende de las variedades mejoradas de Estados Unidos procedentes del Estado de California. Existen más de 1000 especies debido a su capacidad de hibridación. Entre las cultivadas en el país se encuentran (López, 1998):

‘Camarosa’: Variedad californiana, de día corto. Productividad elevada, precocidad, calidad y adaptabilidad. De fruto grande, color exterior e interior rojo brillante. Buen sabor y firmeza.

‘Chandler’: Respuesta al fotoperíodo: Día corto. La planta es semirrecta. Presenta buena capacidad para producir coronas. Las hojas son grandes y de un color ligeramente más claro que la variedad ‘Pájaro’. Se adapta bien a una gran diversidad de condiciones edafoclimáticas y tiene un alto potencial de producción (Fig.7).

El fruto tiene buen tamaño, es firme, cuneiforme, buen sabor y color rojo por dentro, no tan regular como la variedad ‘Pájaro’, en determinadas condiciones climáticas se presenta una maduración incompleta, quedando el ápice de la fruta de color verde o blanco. Presenta una leve tendencia a oscurecerse.

Manejo. Puede usarse en plantaciones de invierno y verano. Esta variedad es especialmente apropiada para la industria del congelado.

‘Pico de Pájaro’: Es bastante susceptible a pudriciones en época de lluvia. El fruto es de forma cónica puntiaguda, buena firmeza y apariencia. Es de color rojo brillante, su peso es de 10-11 g y es más dulce. Se comercializa únicamente en canasta (Calderón, 1996).

‘Parker’: Sus rendimientos son parecidos a la de Pico de Pájaro. Es una variedad estable, con buena adaptación a diferentes suelos aún en épocas de lluvias (Fig. 9). El fruto es de buena calidad, su forma es de forma alargada y tiene mediana firmeza. Se emplea para procesarla y principalmente para comercializarla en canasta (Calderón, 1996).



‘Tioga’: Las plantas de esta variedad son vigorosas, proporcionando un fruto grande de forma cónico-longitudinal, dando casi una forma de cuña, color rojo brillante, su aroma y sabor son de buena calidad. Es de las variedades más resistentes a la manipulación, almacenaje y transporte.

‘Solana’: Se adapta a suelos salinos, de fruto grande que llegan a pesar hasta 20g de peso, de forma cónica y de color rojo brillante, de carne perfumada y compacta. Debido a su firmeza es muy resistente al transporte.

‘Tudla’: Buena aptitud para el transporte. Planta vigorosa, producción precoz. Frutos grandes y aromáticos, alargados y de color rojo intenso. Producción elevada en zonas cálidas y frías (López, 1998).

2.5 Composición Química de la Fresa.

La fresa es un fruto que aporta pocas calorías y cuyo componente más abundante, después del agua son los hidratos de carbono (fructuosa, glucosa y xilitol) (Tabla 2). Aporta fibra y en lo que se refiere a otros nutrientes y compuestos orgánicos, resalta su importante contenido en vitamina C y en menor proporción su contenido en vitamina E y los flavonoides, pigmentos vegetales que le confieren a la fresa su color característico (Osborne, 1993).

Los principales ácidos orgánicos en orden de importancia contenidos en la fresa son el cítrico, málico, tartárico, salicílico y péctico, igualmente la mayor parte de azúcares es levulosa con pequeñas cantidades de glucosa y sacarosa. La tabla 2 se muestra el alto contenido de Vitamina C; que es tres veces mayor que el del tomate y el doble que la manzana. El aroma natural de la fresa se debe a aceites esenciales volátiles, principalmente el acetato de caprilo (Enciclopedia libre en Español, 2005).



Tabla 2. Composición Química y aporte nutritivo de fresa
(Por cada 100 g)

Porción comestible	0,95%
Agua	89,5 g
Proteína	0,8 g
Hidratos de carbono	6,0 g
Valor energético	27 Kcal
Nitrógeno total	0,13 g
Almidón	0 g
Azúcares totales	6 g
Vitamina C	77 mg
Vitamina E	0,20 mg
Vitamina B6	0,06 mg

Fuente: Osborne (1993).

El pH de la fresa en estado fresco, oscila entre 3.0 – 3.5. Para un sabor aceptable se recomienda un mínimo de 7% de sólidos solubles y/o un máximo de 0.8% de acidez titulable (Mitchman *et al.*, 1996).

2.6 Cambios fisiológicos durante la maduración.

○ Respiración.

La respiración es un proceso metabólico fundamental en el fruto recolectado, puede describirse como la degradación oxidativa de productos complejos de los vegetales, como el almidón, azúcares y los ácidos orgánicos a moléculas más simples como el dióxido de carbono y el agua con la consiguiente liberación de energía (Manrique, 2000).



La velocidad a que transcurre la respiración, es normalmente proporcional a la producción de CO₂ y constituye un índice de la actividad metabólica de sus tejidos y una guía útil de su vida comercial, es decir del periodo de tiempo durante el cual el producto puede conservarse en condiciones aceptables para su conservación hasta su consumo (Sanz, 2003).

La fresa es un fruto no climatérico, en el que se da un paulatino descenso en la producción de etileno durante su desarrollo y carece del pico climatérico en la respiración, que caracteriza a los frutos climatéricos. La fresa tiene un desarrollo en el que se presentan las fases de división celular, desarrollo y senescencia en forma continua. Una vez alcanzado el color rojo, la fruta se encamina hacia la senescencia (Manrique, 2000).

En la tabla 3 se muestran los principales cambios que acompañan a la madurez de la fresa, tales como (Flores, 2000):

- ✓ Cambios en textura y reducción de la firmeza.
- ✓ Cambios en sabor y aroma; generalmente volviéndose más dulce a medida que el almidón es convertido en azúcar, y con la producción de compuestos volátiles frecuentemente aromáticos.
- ✓ Cambios en el color, pues a medida que la fresa madura, se degradan los carotenoides y xantofilas originando la aparición de pigmentos rojos llamados antocianos, los cuales brindan a la fresa su color rojo característico.
- ✓ Los azúcares totales generalmente aumentan durante la maduración del fruto.

**Tabla 3.** Principales cambios durante la maduración de la fresa.

A NIVEL DE CARBOHIDRATOS: <ul style="list-style-type: none">• GLUCIDOS• SUSTANCIAS PÉCTICAS	Hidrólisis de Almidón----- formación de azúcares. Cambio en la solubilidad de la Pectina: Pectina insoluble en agua----- Pectina soluble en agua
A NIVEL DE PIGMENTACION	Síntesis de carotenoides Síntesis de xantofilas.
EFFECTO DE LAS ENZIMAS	Debilita la textura por hidrólisis de Pectina a sustancias pécticas.

Fuente: Flores (2000).

- **Cambios en la textura.**

Además de los cambios en el color, sabor y aroma, se producen alteraciones en la textura del fruto. Los cambios en la estructura de la pared celular durante la maduración están relacionados a los cambios en la lámina media, la cual sufre un proceso de hidratación y posterior desintegración. El acoplamiento del calcio junto con el aumento de las fisuras de las membranas permite cambios en el pH de la pared celular y la liberación de las sustancias pécticas unidas al calcio. En la mayoría de los frutos, este aumento de pectinas solubles se ha relacionado con la acción de enzimas hidrolíticas que despolimerizan los componentes pécticos de la pared celular (Fisher y Bennet, 1991).

Estudios de la composición de la pared celular en los frutos han mostrado que está rica en azúcares neutros, particularmente galactosa y arabinosa y que estos componentes de la pared celular se pierden durante el almacenamiento (Chitarra, 1999). Son pocos los análisis realizados sobre la pared celular, esta información refleja cambios sólo en estos polímeros que son metabolizados y no persisten como



componentes aislados en la pared celular, es decir, se producen pérdidas de estos componentes cuando éstos se solubilizan (Huber, 1984).

Una gran variedad de enzimas están relacionadas con los cambios de textura en frutos, entre éstas se encuentran la pectinmetilesterasa (PE), pectinliasa, pectatoliasa (PL), la poligalacturonasa (PG), la celulasa (CE) y la enzima β -galacturonasa (Brady, 1976).

-Pectinesterasa.

La Pectinesterasa (EC. 3.1.1.11) es una enzima implicada en la degradación de la pared celular de los frutos. Pues en general, su acción causa ablandamiento notorio, es decir, pérdida de textura lo que propicia las condiciones para un ataque microbiano (Badui, 1994). Su acción es muy específica requiere la presencia en el sustrato de un grupo carboxilo libre junto al grupo metoxilo que va a ser saponificada. La enzima PE se obtiene comercialmente a partir de *Aspergillus niger*. El pH óptimo varía en cuanto a la composición del fruto, sin embargo se ha encontrado que la actividad óptima de la Pectinesterasa se produce a pH de 7,5. (Braverman, 1990).

- Poligalacturonasa.

La poligalacturonasa (EC. 3.2.1.15) es una enzima cuya acción consiste en la ruptura de los enlaces 1-4 galactosídico a través de un mecanismo de hidrólisis. Dependiendo del ataque de su sustrato, estas pueden ser endopoligalacturonasas o exopoligalacturonasa y generan monómeros de ácido galacturónico o digalacturónico a partir del extremo no reductor. Su pH óptimo de actividad se encuentra entre 3.8 hasta 4.2. La mayoría de ellas tienen actividad a altas temperaturas (entre 40 y 55°C) (Benen y Visser, 2003).

- Pectatoliasa y pectinliasa.

El rompimiento del polímero de las pectinas a través de las pectatoliasas (EC. 4.2.2.2) y pectinaliasas (EC.4.2.2.10) ocurre a través de un mecanismo de β -eliminación en contraste al mecanismo hidrolítico que presenta la PG, es por ello que también se le



denomina con el nombre de pectato trans-eliminasa y catalizan el rompimiento eliminativo de la pectina desesterificada. La diferencia entre la pectinliasa y pectato liasa es el tipo de sustrato en el que actúan, pectina ó ácido péctico, respectivamente. Su acción requiere de iones calcio y genera oligosacáridos con residuos insaturados galacturonosil en su extremo no reductor (González *et al.*, 2005).

Recientemente a las pectato liasas y pectinliasas no se les había dado importancia en los procesos de ablandamiento de los frutos; no obstante, los estudios de Biología Molecular en plátano (Marín *et al.*, 2002) indican la expresión de dos genes de pectato liasa durante la maduración del fruto, en tanto que, Medina *et al.* (1997) aislaron, en frutos de fresa, una secuencia de cDNA de alta homología con genes de pectato liasa que se expresó durante la maduración de la fruta (especialmente cuando cambió de color blanco a rojo) y que estos no se expresaron en otras partes de la planta, propone que la expresión de este gen podría estar relacionado con la degradación de la pared celular contribuyendo así al ablandamiento de los frutos. Jiménez *et al.* (2002), disminuyeron la expresión de los genes de esta enzima en plantas de fresa transgénica, encontrando mejor retención de la firmeza en los frutos transformados.

La investigación acerca del papel de esta enzima en los procesos de ablandamiento de los frutos en su estado fresco, se está iniciando recientemente, la información en ámbito de ello, señala un campo virgen para ser abordado por los Fisiólogos en postcosecha de este tipo de alimentos (González *et al.*, 2005).

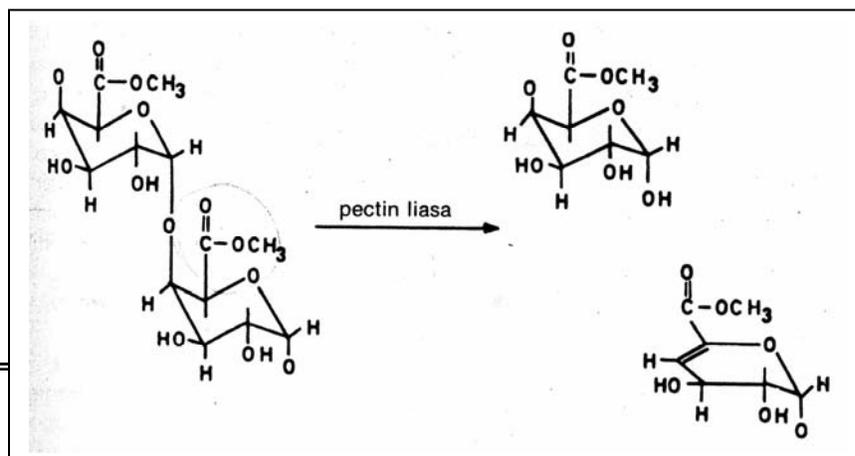




Figura 12. Mecanismo de reacción de la enzima Pectinliasa.
Fuente: Badui (1994).

Esta enzima no siempre se encuentra presente en las frutas ricas en pectina. Mientras que, los tomates y todas las frutas cítricas contienen PE en abundancia, no se ha encontrado esta enzima en la remolacha o en la zanahoria y se ha encontrado sólo en pocas variedades de manzana (Braverman, 1990).

2.7 Pérdidas Postcosecha.

Las enfermedades son la principal causa de pérdidas postcosecha en la fresa. No se aplican a la fruta fungicidas en postcosecha, lo que aumenta las pérdidas en grandes volúmenes de producción. La principal causa de pérdida postcosecha en fresa se debe a la presencia del hongo *Botrytis cinerea* que genera daños en el color, textura y firmeza del fruto. Los daños mecánicos y malas condiciones de humedad y temperatura en el transporte aumentan de forma significativamente dichas pérdidas. En algunos casos esta enfermedad es capaz de atacar hasta el 95% de frutos después de 48 horas de cosechados (Sudzuki, 1983).

La degradación de los pigmentos causada por el incremento de la actividad de la polifenoloxidasas como resultado de un estrés fisiológico producido por la pérdida de peso, podría contribuir al desarrollo de pardeamiento superficial del fruto durante el almacenaje. La manipulación adecuada de las fresas para reducir la pérdida de peso



durante las operaciones de postcosecha, tales como el preenfriamiento, embalaje adecuado y almacenamiento en condiciones óptimas de temperatura y humedad relativa, debería contribuir al mantenimiento del color durante el envío y la venta al por menor (Núñez *et al.*, 2005).

2.7.1 Enfermedades.

Las enfermedades más comunes en la fresa son:

▪ **La pudrición por *Botrytis* o moho gris** causada por *Botrytis cinerea* es la mayor causa de pérdidas postcosecha en fresa. Este hongo continúa creciendo aún a 0°C, aunque muy lentamente (Fig. 13) (Díaz, 2001).

En cuanto a su taxonomía, *Botrytis cinerea* corresponde a la forma imperfecta de *Sclerotinia (Botryotinia) fuckeliana* (Ascomycetes). 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 recolectado (Adams *et al.*, 1995). Para su desarrollo necesita una elevada humedad relativa (la óptima es de 95%), mientras que las temperaturas bajas (4°C-23°C) favorecen su proliferación.

▪ **La pudrición por *Rhizopus*** es causada por el hongo *Rhizopus stolonifer*, cuyas esporas, generalmente están presentes en el aire y se propagan fácilmente. Este hongo no crece a temperaturas inferiores a 5°C, por lo tanto el buen manejo de la temperatura es el método más simple de control (Díaz, 2001).

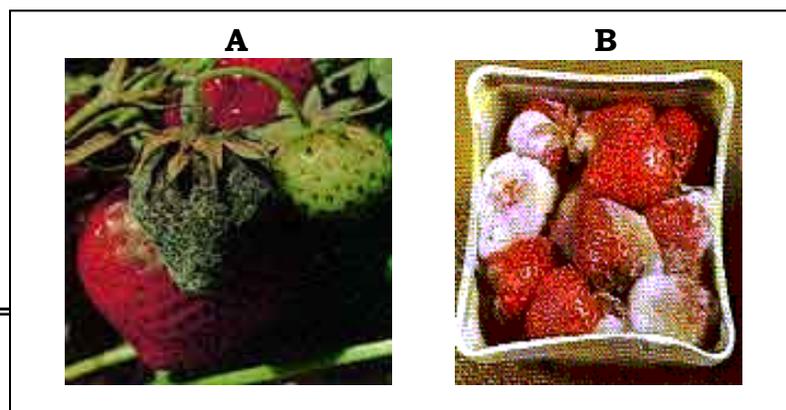




Figura 13. Enfermedades de la Fresa. **A)** Infección por *Botrytis cinerea*. **B)** Infección por *Rhizopus stolonifer*.
Fuente: Pons (2005).

▪ **Antracnosis:** Esta enfermedad, causada por el hongo *Colletotrichum fragariae*, se manifiesta en el fruto por manchas grandes, circulares, deprimidas, en que el color aparece alterado, dando lugar a una podredumbre parda (Díaz, 2001).

▪ **Podredumbre marrón:** Es causada por *Phytophthora fragariae*. Las fresas suelen ser atacadas antes de su completa maduración denotando manchas circulares con tonos cafés y verdes hasta llegar a café. Este hongo ataca a la fresa hasta momificarla cuando se encuentra a punto de madurar, cuando aún está verde su textura es blanda y rugosa (Díaz, 2001).

▪ **Podredumbre blanda.** Podredumbre generada por el hongo *Mucor ssp*. Su acción generalizada en la segregación de enzimas pectinolíticas desintegrando las paredes celulares, no sólo ataca a los frutos sino también a la planta. Se observa que su micelio es blanco con producción de esporas largas blancas grisáceas y algunas negras (Díaz, 2001).

▪ **Podredumbre por Rhizoctonia.** Dos hongos del género *Rhizoctonia* afectan a las fresas y ambos afectan tanto al sistema vegetativo como a los frutos. *Rhizoctonia solani* es un hongo muy polífago que produce una podredumbre dura, normalmente los frutos que tocan el suelo, aunque también puede verse en cultivos acolchados.

La otra especie de este género que afecta a las fresas es *R. fragariae*, ataca mientras el fruto está verde, da lugar al igual que *R. solani*, a una podredumbre dura, pero en este caso, al madurar, la podredumbre es blanda (Batta *et al.*, 1991).



▪ **Viruela *Ramularia fragariae*.** Se presenta en las zonas con altas temperaturas y neblinas o lluvias. Las hojas se ven manchadas con lesiones de color púrpura que van creciendo. Aunque los ataques más importantes son en la parte vegetativa, también pueden afectar al fruto y al pedúnculo; sin embargo los ataques no suelen ser tan importantes. Los síntomas son muy llamativos en frutos inmaduros o los que recién están tomando color. El hongo produce manchas de color oscuro centradas en uno o varios aquenios y se extienden en parte del tejido circundante. Hay reducción del crecimiento total y bajas en la producción. Su control se puede hacer con Ferbam, Captan, etc. Al comienzo de las primeras lluvias (Verdier, 1999)..

▪ **Pudrición del final del pedúnculo.** Puede atacar al fruto en cualquier fase del desarrollo, generalmente a partir de la zona del cáliz, interesando tanto en el fruto mismo como al pedúnculo. El organismo causal es el hongo *Gnomonia comari*. En el fruto en crecimiento, aparecen zonas marrones; el desarrollo se detiene y el fruto se seca. En ataques a frutos verdes de mayor tamaño, estos maduran prematuramente. En los frutos maduros aparece una podredumbre blanda que frecuentemente es invadida por otros microorganismos (Verdier, 1999).

▪ **Podredumbre parda.** Es causada por el hongo *Hainesia lythri* en estado asexual y *Discohainesia crenotherae*, produce una mancha pequeña y ligeramente hundida, sin cambio de coloración, que también profundiza en la parte carnosa. El centro de la lesión se vuelve seco y esponjoso (Verdier, 1999).

2.7.2 Plagas.

Las principales plagas en la fresa son:

- **Thrips:** Dañan con sus punzones las flores y frutos. Deforman los frutos por su saliva. Aparecen con tiempo seco.
- **Araña Roja:** La más grave. Ataca a hojas jóvenes. Muy resistentes a los productos



preventivos.

▪ **Hongos del suelo:** Es necesario fumigar el suelo previamente para evitar graves consecuencias.

• **Mancha púrpura:** Es una mancha circular de 2/3 mm en la hoja. Se propaga por alta humedad relativa y temperatura suave.

Gusano de la frutilla: *Otiorhynchus rugosus triayus*, que también ataca a la vid. La forma adulta se alimenta de las hojas y tallos y las larvas causan serios daños en la corona y raíces secundarias. Todo este tipo de gusanos o larvas se pueden controlar incorporando en los primeros 15 cm del suelo, durante la preparación algún insecticida de largo perfecto residual.

2.7.3 Daños Mecánicos.

En la recolección de las frutas y posterior manipulación, pueden producirse lesiones físicas o mecánicas, debido a golpes, rozaduras, aplastamiento, que pueden provocar defectos y favorecer la invasión de microorganismos patógenos como el hongo *Botrytis*, el más importante de la fresa. Al ser el fruto de piel fina y de pulpa blanda, es más susceptible que otros frutos para que se produzcan magulladuras o lesiones blandas, que junto a la inclusión de la suciedad del campo agravan este problema (Wiley, 1999).

La fragilidad de los tejidos de la fresa hacen que los daño mecánicos, especialmente los provocados por los cosechadores, sea una de las causas más importantes del deterioro. En cambio, los daños debidos a la vibración no son demasiado importantes, lo que se atribuye a la elasticidad de los tejidos, capaces de absorberlos (Namesny, 1999).

Otro factor importante sobre el deterioro del producto, puede ser la falta de una adecuada preselección. Además durante el almacenamiento temporal en el campo, el producto puede sobrecalentarse y deteriorarse rápidamente. Manipulaciones poco cuidadosas y transporte terrestre por carreteras de forma irregular provocan lesiones



mecánicas. Además el transporte sin condiciones adecuadas de temperatura provoca un sobrecalentamiento del producto y pérdida de agua.

Un embalaje inadecuado da como resultado daños físicos por abrasión debido al movimiento de la fruta. Es importante considerar que la fresa tiene una de las más altas tasas respiratoria de todos los frutos frescos, y debido a su piel fina, es un fruto con una transpiración muy elevada, razón por la cual es importante el medio de almacenamiento.

2.7.4 Daños por almacenamiento a bajas temperaturas.

El daño por bajas temperaturas de almacenamiento causa la salida de metabolitos, tales como aminoácidos, azúcares y sales minerales de la célula, que aunada a la degradación de la estructura de la pared celular provee un excelente sustrato para el crecimiento de organismos patógenos, especialmente hongos. Estos generalmente están presentes como infecciones latentes o pueden contaminar al fruto durante la cosecha, transporte y mercadeo. Por esta razón, el incremento de infecciones es común en frutos luego de almacenarse a bajas temperaturas (Namesny, 1999).

La actividad fisiológica de las fresas es muy alta y rápidamente pasan de la madurez a la sobremadurez, especialmente si el control de la temperatura no es el adecuado. Otra consecuencia del daño por bajas temperaturas de almacenamiento es el desarrollo de sabores anormales. La complejidad de síntomas sugiere que varios factores actúen en el desarrollo del daño. Así, fresas de la misma variedad presentan una respuesta diferente ante similares condiciones de temperatura. La temperatura óptima de almacenamiento que se recomienda para la fresa es de 0 ± 0.5 °C (32 ± 1 ° F) (Flores, 2000). Un fruto tan susceptible a la descomposición como lo es la fresa logra una vida de entre 5 y 7 días si se conserva almacenada en cámaras frías a temperaturas antes mencionadas (Mc Gregor, 1989).

2.7.5 Otros factores.

Desecación: La pérdida de agua es uno de los principales problemas en la conservación de las fresas. Como consecuencia de ello, los tejidos se marchitan, mueren células de la



superficie y el color brillante desaparece (Namesny, 1999).

Pérdida de vitalidad del cáliz. Un cáliz verde es un signo de frescura en las fresas; sin embargo, como otros tejidos verdes, tienden a perder clorofila rápidamente debilitando su estructura lo que provoca el envejecimiento y muerte celular; por esta razón la posibilidad de invasión fúngica es mayor (Namesny, 1999).

Sensibilidad al etileno. La fresa misma tiene una baja tasa de producción del etileno pero reacciona a esta hormona; el control del etileno en ambiente poscosecha exento de este gas hace que la evolución hacia la maduración sea más lenta, permitiendo disponer del fruto más azucarados y más ácidos, lo que resulta en una mayor calidad gustativa (Namesny, 1999).

2.8. Tecnología Poscosecha para conservación de fresas.

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

En la tabla 4 se muestran los Principales Tratamientos Postcosecha aplicados en fresa para preservar la calidad.

Tabla 4. Principales tratamientos Postcosecha aplicados en fresa para mejorar la calidad.



Tratamiento	Efecto Directo	Variedad y Condiciones de estudio	Referencia
Refrigeración	La reducción de temperaturas tiene un efecto sobre los procesos fisiológicos de los frutos. Se recomienda para la fresa una temperatura de 0 ± 0.5 °C.	Comparación de la caracterización física y química de fresas cv. 'Selva' y 'Camarosa' almacenadas a 4°C y 85% HR.	García et al. (1998)
Atmósferas Modificadas	Es un método de conservación utilizando películas flexibles, que implica la modificación de la composición del aire, estableciéndose en base al metabolismo del fruto y la permeabilidad del material que lo envuelve (atmósfera pasiva). También puede crearse al aplicar vacío y/o por sustitución por un gas o mezcla de gases (atmósfera activa).	Evaluación de pérdidas por hongos en fresa almacenadas en AM: 95% O ₂ y 5% N ₂ T = 7°C	Cruz et al. (2005)
Atmósferas Controladas	Es un sistema de almacenamiento en donde la concentración de O ₂ es inferior y la de N ₂ y CO ₂ son superiores. Esta concentración de la mezcla gaseosa es estrictamente controlada aumentando la vida útil en algunos frutos.	Aplicación del tratamiento en fresa (<i>Fragaria ananassa</i>) cv. 'Selva' con 2kPa O ₂ y 20kPa CO ₂ almacenadas a 5°C. 95% O ₂ y 5% N ₂	Holcroft y Kader (1999)

Continuación de la tabla 4.

Tratamiento	Efecto Directo	Variedad y Condiciones de estudio	Referencia
--------------------	-----------------------	--	-------------------



	<p>La aplicación de soluciones de calcio a frutos en pre y postcosecha provoca la reducción de la respiración, producción de etileno y la incidencia de desórdenes fisiológicos y el decaimiento. Incrementa la firmeza por interacción de los iones de calcio con los grupos carboxilos libres.</p>	<p>Inmersión de fresa (<i>Fragaria ananassa</i> cv. Jonsok) en solución de CaCl_2 (7.6g/litro) por 15 min. Temperatura de la solución 25 y 50°C. Almacenamiento a 20°C por 2 días</p>	<p>Suutarine et al. (1998)</p>
Recubrimientos Comestibles	<p>Al recubrir los frutos con barreras comestibles semipermeables a gases y vapor de agua se logra controlar la respiración, transpiración y el deterioro debido a microorganismos mejorando la apariencia, textura y manejo de éstos.</p>	<p>Recubrimientos a base de: -Amilosa al 1% aplicado a fresa cv. Selva almacenada a 0°C y 84.8% HR. -Qitosán al 1y 1.5% (p/v) en fresa (<i>Fragaria ananassa</i>) cv. Kent almacenadas a 4°C por 40 días. - Mucílagos de cactus al 20% (p/v) en fresas (<i>Fragaria ananassa</i>) almacenadas a 5°C y 75% HR. 10 días.</p>	<p>El Ghaout et al. (2005) García et al. (2005) Del Valle et al. (2005)</p>
Irradiación	<p>La irradiación es una técnica sustancialmente benéfica utilizada en el procesamiento de alimentos para la eliminación de microorganismos patógenos y puede utilizarse en combinación con otras técnicas postcosecha para extender la vida útil en frutos.</p>	<p>Utilización de radiación gamma en combinación con recubrimiento comestible a base de proteína aplicado en fresa cv. Kent almacenada a 4°C/21 días. La solución comestible fue irradiada a 32kGy .</p>	<p>Outtara et al. (2002)</p>

2.9 Películas comestibles y Películas biodegradables para alimentos.

Las películas 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 (Hoyos, 1997). La elaboración de películas comestibles con subproductos descartables de la industria de alimentos ofrece la oportunidad de disminuir los desperdicios, convirtiéndolos en materia prima para la elaboración de películas comestibles de interés nutricional.

Las 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. Mas 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
- ✓ Medio ambiente 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.

2.9.1 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, oxígeno y 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).

Estos recubrimientos mejoran las propiedades mecánicas, ayudan a mantener la integridad estructural del producto que envuelven, a retener compuestos volátiles y pueden llevar aditivos seguros desde el punto de vista alimentario (antimicrobianos o antioxidantes, entre otros). La funcionalidad de los recubrimientos depende de la naturaleza de sus distintos componentes, de su composición final y estructura. Cuando los frutos son envueltos por recubrimientos comestibles, se crea una atmósfera modificada en el interior del fruto que reduce la velocidad de respiración y por tanto, el proceso de envejecimiento del producto (Evans, 1990).

2.9.1.1 Permeabilidad al CO₂ y O₂

Los distintos mecanismos de transferencia de masa corresponden así a fenómenos de permeabilidad (transferencia de gases, vapores y aromas a través del envase). Se puede considerar como la difusión molecular de fluidos, al interior de una cobertura comestible, teniendo lugar la permeación de gases y vapores que modifican la atmósfera interior del producto recubierto. La permeabilidad al vapor de agua, al O₂ y CO₂ son parámetros críticos en la conservación de alimentos, particularmente las frutas y hortalizas. También la absorción y/o permeación de sustancias volátiles que determinan la intensidad y la calidad aromática de los alimentos, condicionan su aceptación o rechazo (González *et al.*, 2005).

La forma de expresión de las características de barrera de las películas comestibles es su coeficiente de permeabilidad o cantidad de un fluido que difunde a través de un material, bajo condiciones específicas de presión y temperatura, por unidad de espesor y de superficie.

La permeabilidad o la velocidad de transmisión se determina por las dimensiones de la película y la concentración del fluido permeante (Gibanel, 1996).



2.9.2 Materias primas de las películas comestibles y/o biodegradables.

Se presenta a continuación las materias primas que se utilizan en la actualidad para la elaboración de películas comestibles y/o biodegradables. Dichas materias primas se organizaron de acuerdo a su naturaleza en polisacáridos, proteínas y lípidos.

2.9.2.1 Polisacáridos.

2.9.2.1.1 Almidón.

Los recubrimientos de amilosa, amilopectina y derivados forman películas claras, flexibles, transparentes y con baja permeabilidad al oxígeno. En especial, los recubrimientos de amilosa tienen un alto interés debido a sus características propiedades de barrera y a su bajo costo de producción (Guilbert y Biquet, 1995).

García *et al.* (1998) estudiaron la aplicación de recubrimiento de almidón con alto contenido en amilosa en fresa conservada en fresco, destacándose un retraso en los procesos de senescencia y de pérdida de calidad, gracias a la reducción de los cambios en el color y firmeza, siendo patentes dichos efectos durante al menos 14 días de almacenamiento.

2.9.2.1.2 Alginato.

La fuente principal de alginato comercial es el alga gigante *Macrocystis pyrifera*. 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 (Banker, 1996). Wong *et al.* (1994) evaluaron sus propiedades como recubrimiento para trozos de manzana conjuntamente con un monoglicérido acetilado, observándose una resistencia al vapor de agua ligeramente superior a la de otras sustancias de naturaleza similar, como carragenatos o pectinas.

2.9.2.1.3 Carragenanos.

Se extraen industrialmente de diversas especies de algas rojas Rodoficeas, 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 (Hoyos, 1997). Lee *et al.* (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. Sin embargo; se observó un efecto perjudicial sobre la textura de los trozos de fruta, atribuible a la hidrólisis ácida producida por los ácidos pécticos.

2.9.2.1.4 Pectina

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 producción (Paredes, 1994). Wong *et al.* (1994) observaron reducciones del 50% y 94% en las tasas de producción de CO₂ y etileno, respectivamente, en trozos de manzana recubiertos con pectina y monoglicérido acetilado.

2.9.2.1.5 Quitosano

Producido comercialmente de la quitina, obtenida por los desechos de mariscos, es biodegradable, pero aún no ha sido aprobado como un ingrediente alimenticio en Estados Unidos. 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 (Paredes, 1994). Assis y Pessoa (2004) descubrieron sus beneficios al aplicar quitosán a la superficie de manzanas peladas y cortadas, destacando su actividad antifúngica y una ligera reducción de la pérdida de peso y en el pardeamiento.

2.9.2.2 Proteínas

2.9.2.2.1 Colágeno



Este componente contribuye de modo significativo a la dureza de la carne, abunda en los tendones, piel y huesos. Las fibrillas de colágeno se organizan en forma paralela, para conseguir una gran resistencia como ocurre en los tendones o puede estar altamente ramificadas y desordenadas como ocurre en la piel. A medida que se forman los enlaces cruzados del colágeno disminuye su solubilidad en diversos solventes tales como soluciones salinas y ácidos. La desnaturalización parcial del colágeno es la “gelatina”.

El colágeno se convierte en películas comestibles y biodegradables, las cuales se hacen por extrusión y dispersión de un ácido coloidal viscoso en un baño neutralizado, seguido por un lavado y secado.

La importancia sobre envolturas de colágeno aplicado a los alimentos frescos, radica en que proveen integridad mecánica y funcionan como barrera al oxígeno y a la humedad, reduciendo así las pérdidas postcosecha (Hoyos, 1997). Flores, (2005) aplicó un recubrimiento comestible a base de colágeno logrando prolongar la vida útil de guayabas.

2.9.2.2.2 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 osseína. 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.



2.9.2.2.2.1 Métodos de extracción de la gelatina.

Los cuatro procesos principales para obtener gelatina a partir del colágeno son los denominados: alcalinos, ácido, vapor a presión y por hidrólisis enzimática.

a) Alcalino.

La gelatina tipo B se refiere a la gelatina obtenida por el método alcalino y es el más empelado 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 de la siguiente manera (Ockerman y Hansen, 2000):

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 alumínico o sulfato de zinc diluido y con un pH de 5 a 8.

Para la extracción del 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 llevan 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 ceniza sea menor al 0.5%, para ello se pasa la solución a través de una resina de intercambio

catiónico fuerte, intercalada 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 inferior a 25000 Dalton.



Se procede 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 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 se solidifican 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 temperatura gradual de 8 a 12 horas hasta que tenga el 10 % de humedad.

La gelatina sólida se comercializa en láminas o se tritura en gránulos de 35-40 mallas o en polvo formando mezclas de las diferentes extracciones para conseguir la resistencia y viscosidad deseadas. Se pueden utilizar conservadores que dependen de la concentración de la gelatina y tienen la presencia de otros aditivos, este proceso puede tardar 6 semanas.

b) Ácido.

En el proceso ácido o gelatina tipo A se aplica principalmente a las pieles de cerdo huesos y cartílagos. A diferencia del proceso alcalino se utiliza un ácido inorgánico como el clorhídrico, sulfuroso, fosfórico o sulfúrico en alrededor del 5% en peso, hasta tener un pH de 3,5 a 4,5 y se deja reaccionar de 10 a 72 horas, lo que depende del tipo de materia prima siendo la temperatura óptima de 15°C y se neutraliza con hidróxido de sodio de 5 al 8% con pH de 6 a 6.5, que después se lava con agua fría y se extrae igual que en el procedimiento alcalino. El proceso puede tardar alrededor de 20 semanas (Ockerman y Hansen, 2000; Poppe , 1997; Rojas, 1979).

c) Vapor de presión.

Este método se usa principalmente para la obtención de cola y/o gelatina a partir de



huesos y de piel de pescado. Aquí los huesos primero se desengrasan, ya que se expongan al vapor de disolventes de ebullición, como la bencina, o por medio de procesos más modernos, mediante impulsos mecánicos transmitidos a través de agua fría. El proceso de desengrase en frío perjudica menos al colágeno y hace posible la obtención de productos de mayor peso molecular, se procede a una limpieza mecánica (pulido) donde los huesos desengrasados se trasladan a autoclaves y se tratan alternativamente con vapor a presión y agua caliente, durante varios ciclos; el agua extrae de los huesos la molécula de colágeno y el vapor convierte el colágeno en cola obteniendo así cola como una sucesión de soluciones diluidas que pueden mezclarse o emplearse para extraer en contracorriente en series subsiguientes. Las primeras soluciones, que se han expuesto al mínimo calor, dan las colas de la más alta calidad.

Se utiliza presión a vapor de 1 a 3 Kg/ cm² y posterior extracción con agua caliente y cortos tiempos la hidrólisis se consigue por el choque térmico a elevadas temperaturas durante poco tiempo, seguido de un enfriamiento rápido en agua. Para la gelatina se extrae entre 60 y 70 °C que para prevenir su degradación se repite a temperaturas mayores hasta que el rendimiento sea alrededor del 1 al 2% aunque aquí se obtienen geles de menor resistencia y viscosidad. Para la cola obtenida del pescado, las pieles se combinan con un volumen igual de agua y se inyecta vapor para su cocción, se puede añadir 1.9 litros de ácido acético glacial por cada 100 litros de mezcla, la cocción inicial se hace durante 8 horas y el líquido se separa por compresión. El residuo se recombina con agua y se procede a una segunda cocción a mayor temperatura, el residuo insoluble se usa para piensos; el otro residuo se concentra a vacío hasta que contenga 50-55% de sólidos (Ockerman y Hansen, 2000).

d) Hidrólisis enzimática.

Para la obtención de hidrolizados con propiedades gelificantes y emulsificantes se suele emplear colágeno por su conocida capacidad para formar geles transparentes (Arroyo, 1998).

El colágeno se degrada en condiciones fisiológicas, por enzimas específicas como colagenasas, proteasas neutras y captasinas lisosomales.

Las colagenasas, principales enzimas de degradación, son metaloenzimas que requieren



la presencia de calcio y zinc, producen una ruptura en un punto específico de cada cadena de colágeno como un fragmento N-terminal (3/4 de la molécula o un fragmento C-terminal (1/4 de la molécula), así se pierde la conformación de la triple hélice, liberando las cadenas nativas y facilitando el ataque por enzimas proteolíticas específicas. El número de enlaces cruzados reducibles, disminuye con el paso del tiempo y se van reemplazando por enlaces estables, lo que proporciona cambios químicos y físicos porque se disminuye la solubilidad, la susceptibilidad a las enzimas, retención de agua y resistencia mecánica (Serra, 2000).

En este método enzimático, se pueden utilizar las materias ricas en colágeno, se remueven impurezas de grasa y de los compuestos inorgánicos, se colocan en un recipiente de predigestión se añade un porcentaje de agua, se calienta agitando para evitar que se pegue y evitara que se queme la materia prima, se adicionan las enzimas de acuerdo a sus especificaciones y a las pruebas realizadas a nivel laboratorio, después de su completa disolución se filtra con una malla, se puede adicionar su respectivo inactivador y el conservador correspondiente, por último se lleva a cabo una clarificación y un secado (Morimura *et al.*, 2002; Camacho *et al.*, 2000).

2.9.2.2.2 .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 provienen, su densidad relativa oscila de 1.3 a 1.4 Kg/l. Es insoluble en agua fría solo se hidrata se dispersa cuando el agua se calienta a 71. 11 °C y es soluble en polialcoholes y propilenglicol e insoluble en solventes orgánicos como benceno, acetona, éter y tetracloruro de carbono. Esta sustancia depende del pH de la dispersión acuosa ya que actúa como ácido o como base (Rojas, 1979; Ockerman y Hansen, 2000).

Viscosidad.

La viscosidad se valora utilizando una concentración modelo al 6.67% en un viscosímetro de tipo U determinando su salida a través de un orificio estándar de una copa empleando un dinamómetro de torsión por encima de 35 a 40°C, en que la



temperatura es bastante alta para impedir agregación molecular debida a las fuerzas de gelificación, la viscosidad de las soluciones de las distintas gelatinas depende de la concentración y temperatura. A cualquier concentración normalizada la viscosidad de la solución da 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 de 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 esta 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).

Cuando un gel se calienta muy lentamente cerca del punto de fusión, provoca cambios en la estructura del gel que afecta la fusión, el punto de fusión de los geles es máximo cuando han sido madurados durante largos tiempos y períodos a una temperatura próxima al punto de fusión. Después de este tiempo de maduración, el enfriamiento del gel hasta una temperatura baja, lo cual aumenta en gran manera la rigidez, y no varía el punto de fusión. La estructura formada a la alta temperatura de maduración controla el punto de fusión y persiste durante el período en el cual se forma y se rompen enlaces si el gel se enfría y se calienta de nuevo.

Se ve afectada también por el pH y por la presencia de sales, estos efectos son muy marcados en soluciones diluidas. A temperaturas por debajo de 35 a 40 °C, las moléculas comienzan a agregarse bajo la acción de las fuerzas de gelificación y la viscosidad de las soluciones aumenta con el tiempo y puede ser no newtoniana (Rojas, 1979; Ockerman y Hansen, 2000).

Rigidez del Gel.

La resistencia de los geles es una medida de la dureza, consistencia, firmeza y compresibilidad del gel a una determinada temperatura que depende de la concentración, del peso molecular, tiempo de maduración, pH y temperatura. Los



cambios en la concentración afectan de forma similar, la rigidez depende aproximadamente del cuadrado de la concentración de la gelatina, el punto de fusión puede definirse como la temperatura a la cual la rigidez se hace cero (Rojas, 1979; Ockerman y Hansen, 2000).

2.9.2.2.3 Zeína.

Son aislados de proteína de maíz y se produce mediante los procesos 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 (Hoyos, 1997). Gennadios y Weller, (1991) aplicaron esta sustancia en tomates enteros y verificaron su efectividad para prolongar su vida útil.

2.9.2.2.4 Gluten de trigo.

El gluten de trigo se ha estudiado como un reemplazo en plantas para el colágeno en la manufactura de recipientes para salsas y también como un medio para mejorar la adherencia de la sal y los sabores a las nueces y pastas para las carnes y otros alimentos. 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 las grasas pero presenta también alta permeabilidad al vapor de agua (Evans, 1990).

2.9.2.2.5 Proteínas de la 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 una película comestible, biodegradable y soluble en agua.

Esta solubilidad facilita su renovación del equipo que se utiliza para aplicar la película y se ha podido combinar con otras proteínas (Evans, 1990). Los caseínatos forman fácilmente películas en soluciones acuosas debido a su estructura desordenada y a la capacidad para formar gran número de puentes de hidrógeno e interacciones y puentes hidrofóbicos. La naturaleza anfifílica de los caseínatos hace de ellos excelentes candidatos para la formación de películas emulsionadas.

Las películas de caseinato puro son atractivas para uso en alimentos debido a su transparencia, flexibilidad y naturaleza blanda (Banker, 1996). Certel *et al.* (2004) reportaron que la aplicación de un recubrimiento comestible a base de proteína de leche prolongó significativamente la vida útil de cerezas almacenadas a 4°C.

2.9.2.3 Lípidos

2.9.2.3.1 Ceras

Las ceras comestibles son significativamente más resistentes al transporte de humedad que la mayoría de películas de otros lípidos o no lípidos, siendo la parafina la más resistente, seguida por la cera de abejas.

Las coberturas de cera se pueden usar para el mantenimiento de altas concentraciones de conservantes en la superficie de los productos alimenticios. Las coberturas de cera tradicionalmente se han aplicado a frutos y vegetales frescos para prolongar períodos de almacenaje en la poscosecha (Banker, 1996).

La aplicación de una capa de lípidos como suplemento en la superficie de frutas reemplaza las ceras naturales de la cutícula, las cuales pueden haber sido parcialmente removidas durante el lavado. Las ceras que se aplican a productos perecederos frescos para retardar la desecación son: cera de abejas, cera carnauba, cera candelilla y cera de



salvado de arroz. Pérez-Gago *et al.* (2003) emplearon cera de abejas como componente lipídico para recubrir trozos de manzana.

Es importante que las coberturas de ceras en frutos frescos o perecederos no sea totalmente impermeable, lo cual ocasiona la anaerobiosis favoreciendo los desordenes fisiológicos que acortan la vida media (Paredes, 1994).

2.9.2.4. Surfactantes

Los recubrimientos o películas por lo general requieren de agentes surfactantes, los cuales se utilizan para reducir la actividad acuosa. La actividad acuosa superficial es la actividad del agua directamente en la superficie de un alimento; está correlacionada con la velocidad de pérdida del vapor de agua en el producto alimenticio (Evans, 1990).

Los surfactantes más efectivos son los monoglicéridos y el monoestearato de glicerol en la reducción de la actividad acuosa. La actividad acuosa superficial tiene influencia en otros mecanismos de deterioro además de la pérdida de agua por evaporación. Una baja actividad acuosa superficial retarda el crecimiento microbiano como también las reacciones enzimáticas en la superficie. Por lo tanto, recubrir un alimento con surfactantes ayuda a controlar estos tipos de deterioro. (Evans, 1990).

2.9.2.5 Agentes conservadores.

Los antimicrobianos alimentarios son compuestos químicos añadidos o presentes en los alimentos que retardan el crecimiento microbiano, con lo que aumenta la resistencia a la alteración de su sanidad o calidad. Los antimicrobianos alimentarios a veces también se llaman conservadores de los alimentos.

No obstante, los conservadores de alimentos no sólo incluyen agentes antimicrobianos sino también agentes antipardeamiento como el ácido cítrico y antioxidantes tales como el butilhidroxianizol.



Los conservadores son también muy importantes en frutas y hortalizas refrigeradas mínimamente procesadas para prevenir las reacciones de pardeamiento; y también son los que reducen la decoloración de los pigmentos; y los que protegen a los productos frente a la pérdida de sabor, cambios de textura y pérdida del valor nutritivo (Wiley, 1999).

Los principales agentes antimicrobianos son: ácido acético, ácido cítrico, ácido benzóico, ácido láctico, propiónico y sórbico. La eficacia de los agentes microbianos depende en gran medida de los factores ambientales tales como: el pH, actividad de agua, temperatura, atmósfera, carga microbiana inicial y poca o alta acidez.

Ácido acético: En forma pura es un líquido transparente e incoloro y totalmente miscible en agua. Su fórmula química es CH_3COOH y su masa molar es 60.05 g/mol.

Se utiliza en la conservación de alimentos de dos formas, como vinagre del 5 al 10 % y como soluciones acuosas de ácido acético sintético del 25 al 80%. Por lo que se refiere a su acción conservante, el vinagre de origen sintético y elaborado por fermentación son idénticos, siendo el único factor decisivo la concentración del ácido acético (Lück, 1999).

La acción del ácido acético se dirige principalmente contra las bacterias, debido a su efecto reductor del pH, puesto que la mayoría de las cepas bacterianas tienen sus óptimos en el rango de pH neutro a ligeramente ácido. Esto sobre todo es cierto en el caso de las bacterias patógenas incluida *Salmonella* (Lück, 1999).

Por esta razón, entre otras, el ácido acético procedente de la fermentación frecuentemente se trata con dióxido de azufre como protección frente a las bacterias alterativas (Lück, 1999).

Tabla 5. Acción Inhibitoria de ácido acético sobre microorganismos.

Microorganismos	pH inhibitorio
-----------------	----------------



<i>Salmonella aetryke</i>	4.9
<i>Staphylococcus aureus</i>	5.0
<i>Bacillus cereus</i>	4.9
<i>Aspegillus niger</i>	4.1
<i>Penicillum glaucum</i>	3.5
<i>Saccccharomyces cerevisae</i>	3.9

Fuente: Gould (1999).

2.10 Envases para atmósfera modificada.

Un envase alimentario debe contener y proteger al producto envasado desde el momento y lugar de fabricación hasta el momento de su consumo (IFT, 1991).

El envasado en atmósfera modificada es un proceso dinámico en el que se deben utilizar películas poliméricas que tengan una permeabilidad razonable alta al oxígeno y CO₂. Si la permeabilidad de la película plástica es baja a la concentración de gases se produce una rápida alteración del producto con acumulación de etanol y acetaldehído y desarrollo de malos olores; lo ideal es el uso de membranas semipermeables con facilidad de difusión a la humedad y a los gases, estableciendo un estado de equilibrio, en donde una vez optimizado retarde el deterioro de la fruta (Stewart y Oparka, 2000).

Para envasar frutas y hortalizas frescas se han utilizado diferentes películas plásticas como polietileno de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polipropileno de calibre delgado (PP), poliestireno (PS), varias clases de cloruro de polivinilo (PVC), goma hidrociorada (Pliofilm), acetato de vinil-etileno y ionómeros (Cruz y Flores, 1987).

Aunque el número de películas plásticas de uso alimentario es muy elevado, existen relativamente pocas que sean aptas para el envasado en atmósferas modificadas de productos vegetales, debido a que se requieren permeabilidades altas para la



obtención de equilibrios atmosféricos adecuados. Entre las más utilizadas en productos vegetales destacan el polietileno (PE), polipropileno (PP) y policloruro de vinilo (PVC) (Barmore, 1987).

Los empaques con tapa y fondo formados por plástico, han venido ganado popularidad por que son baratos, versátiles, brindan protección óptima al producto y su presentación es la mejor. Productos de alto valor comercial, como frutos pequeños, bayas, champiñones, pueden deteriorarse fácilmente al ser aplastados, por lo que este tipo de empaque es la mejor opción de protección (López, 2005).

- **Envase de PET.**

Material del envase: PET cuyo nombre técnico es Polietileno Tereftalato. La fórmula química del polietileno tereftalato o politereftalato de etileno es la siguiente:



El PET es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y aroma de los alimentos, es una barrera contra los gases y reciclable 100% (Revista Ambientum, 2002).

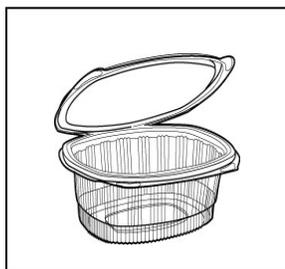


Figura 14. Envase de Pet en forma de almeja.
Fuente: López (2005)

2.10.1. Requerimientos de un envase o de los materiales de envasado (Sierra, 2004):



- ✓ Proteger el contenido de agentes biológicos, mecánicos y físicos externos durante el almacenamiento, transporte y comercialización.
- ✓ Conservar el contenido y prevenir o retardar, directa o indirectamente, la descomposición química o disminución de la calidad del producto envasado.
- ✓ Resistir las condiciones térmicas a las que se someterá tanto en la preparación como posteriormente.
- ✓ Proporcionar una aceptable apariencia, color, textura, diseño y posible etiquetado.
- ✓ Cumplir con todas las normas desde el punto de vista de los materiales de fabricación.
- ✓ Suministrar un nivel aceptable o mínimo de interacción material del envasado-contenido del envase.



3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL: Determinar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina en la calidad y vida útil de fresas variedad ‘Camarosa’ almacenadas a granel, en envases de PET y listas para consumir, conservadas en refrigeración .

OBJETIVOS PARTICULARES:

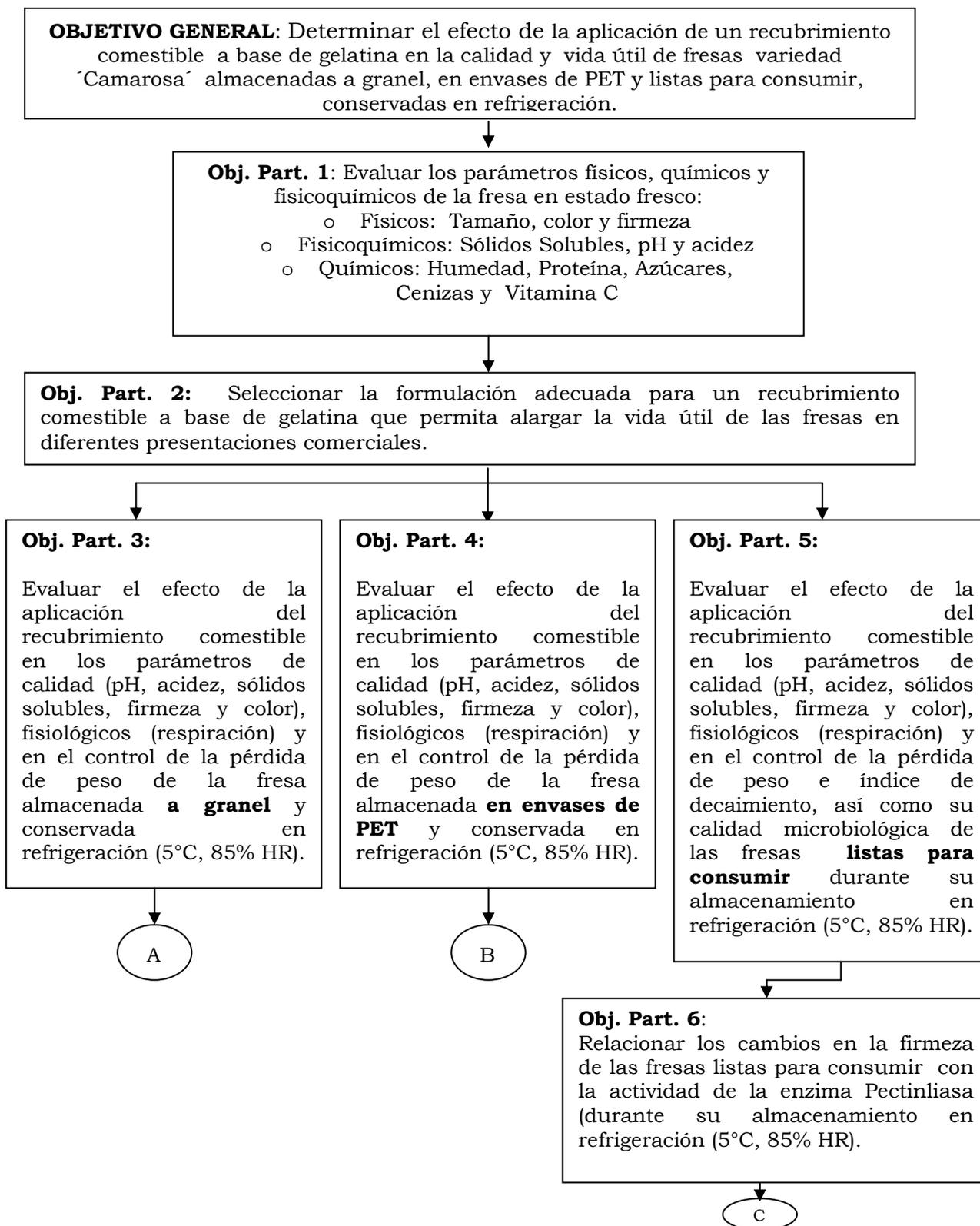
1. Evaluar los parámetros físicos, químicos y fisicoquímicos de la fresa en estado fresco.
2. Seleccionar la formulación adecuada para un recubrimiento comestible a base de gelatina que permita alargar la vida útil de las fresas en diferentes presentaciones comerciales.
3. Evaluar el efecto de la aplicación del recubrimiento comestible en los parámetros de calidad (pH, acidez, sólidos solubles, firmeza y color) y en el control de la pérdida de peso de la fresa almacenada a granel y conservada en refrigeración (5°C, 85% HR).
4. Evaluar el efecto de la aplicación del recubrimiento comestible en los parámetros de calidad (pH, acidez, sólidos solubles, firmeza y color), fisiológicos (respiración) y en el control de la pérdida de peso de la fresa almacenada en envases de PET y conservada en refrigeración (5°C, 85% HR).
5. Evaluar el efecto de la aplicación del recubrimiento comestible en los parámetros de calidad (pH, acidez, sólidos solubles, firmeza y color), fisiológicos (respiración) y en el control de la pérdida de peso e índice de decaimiento, así como su calidad microbiológica de las fresas listas para consumir durante su almacenamiento en refrigeración (5°C, 85% HR).
6. Relacionar los cambios en la firmeza de las fresas listas para consumir con la actividad de la enzima pectinliasa durante su almacenamiento en refrigeración (5°C, 85% HR).



4. MATERIALES Y MÉTODOS.

En el presente trabajo se llevó a cabo la siguiente secuencia metodológica.

4.1 Cuadro Metodológico.



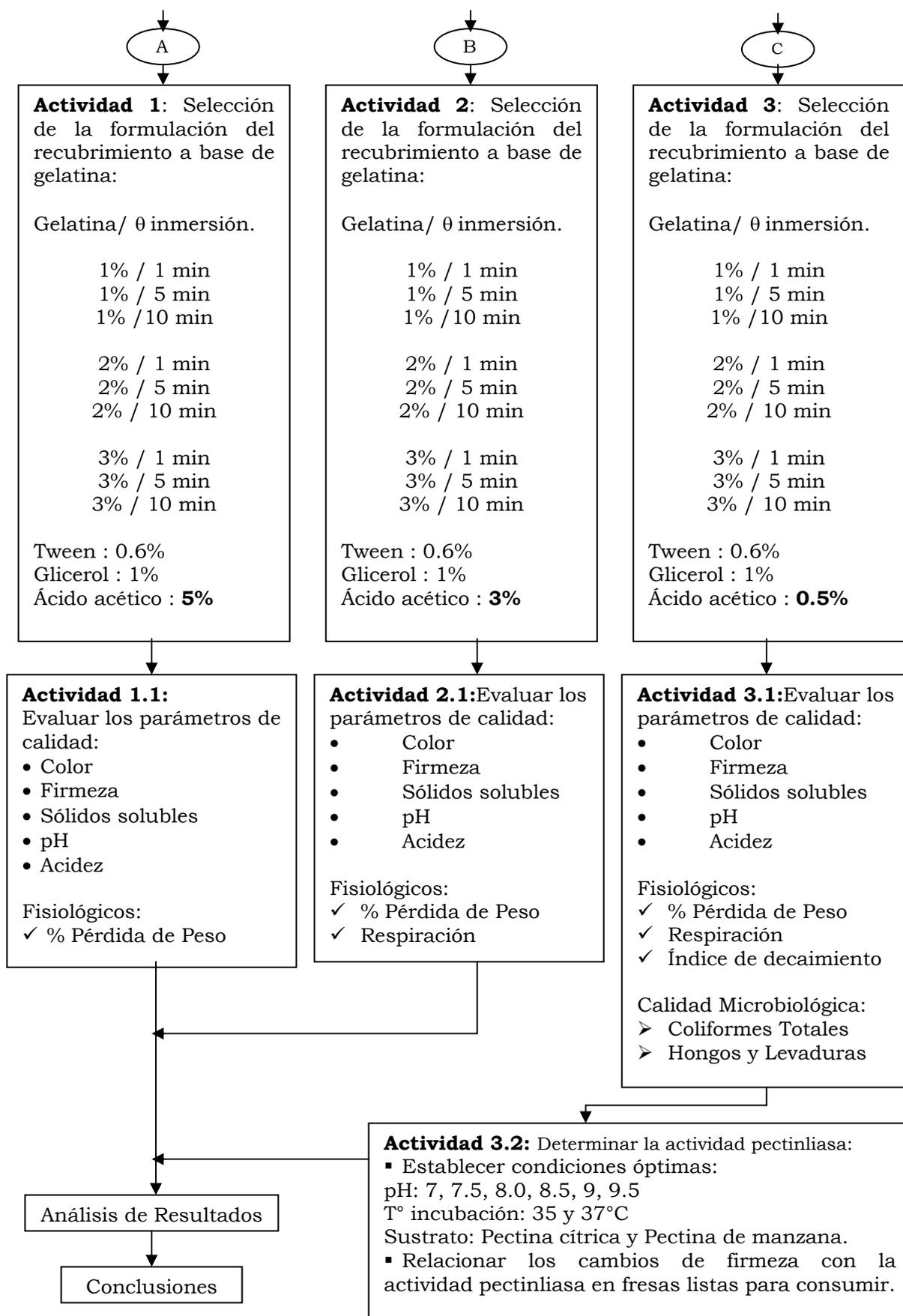


Figura 15. Cuadro Metodológico



4.2 Material Biológico.

Las fresas variedad 'Camarosa', procedentes de Baja California y adquiridas 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 a las fresas, se eliminaron aquellas que presentaron lesiones mecánicas y se aceptaron las de apariencia firme, exentas de hongos y de color rojo homogéneo, así como un olor agradable característico de la fresa. Las fresas seleccionadas fueron pesadas y se midió el diámetro ecuatorial de cada una para contar con lotes homogéneos.

4.4 Evaluación física, química y fisicoquímica de las fresas.

Para evaluar las características químicas y los parámetros de calidad se utilizaron fresas previamente seleccionadas sin aplicación de recubrimiento comestible tomando tres fresas para realizar cada evaluación. Los parámetros de calidad que se evaluaron fueron: el pH, acidez, firmeza y sólidos solubles, mientras que los parámetros químicos evaluados fueron: el contenido de humedad, azúcares totales, cenizas, proteínas y vitamina C, de acuerdo a las técnicas descritas en los métodos analíticos.

4.5 Aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en fresas conservadas a granel y almacenadas en refrigeración.

4.5.1 Selección de la formulación del recubrimiento.

Se elaboró el recubrimiento comestible a base de gelatina, obtenida a partir de la piel de ganado vacuno de tipo B Wilson de 275 Bloom, proporcionada por el grupo



Gelita. Se realizaron diferentes formulaciones para el recubrimiento de las fresas. El porcentaje de los componentes se determinó de acuerdo al trabajo reportado por Flores (2005) sobre recubrimientos comestibles aplicados en limón persa y guayaba con modificaciones (Tabla 6).

Tabla 6. Formulaciones evaluadas para la conservación de fresas.

Tratamiento	% Gelatina (p/v)	Tiempo de inmersión (min)	% Ácido acético (v/v)	% Glicerol	% Tween
Fresas Almacenadas a granel	1	1	5	1	0,6
		5			
		10			
Fresas Almacenadas a granel	2	1	5	1	0,6
		5			
		10			
Fresas Almacenadas a granel	3	1	5	1	0,6
		5			
		10			
Control	-	-	-	-	-

Tween = Monoleato de polioxietilensorbitán.

Al aplicar el tratamiento, se trabajó con Glicerol y Tween 60, éstos últimos utilizados para reducir la actividad acuosa superficial y emulsificante, respectivamente. La elección de la formulación se realizó en función a otros trabajos reportados en donde dicha formulación se aplicó a otros frutos en los que se prolongó su vida útil.

4.5.2 Elaboración del recubrimiento comestible.

Se procedió a preparar el recubrimiento comestible de acuerdo al porcentaje establecido en la tabla 4. La hidratación de la gelatina fue a 38°C con agitación constante, adicionando el tween y Glicerol en cantidades correspondientes, se mantuvo la agitación hasta obtener un recubrimiento homogéneo y transparente. En la figura 16 se muestra el procedimiento para la aplicación del recubrimiento comestible en fresas.

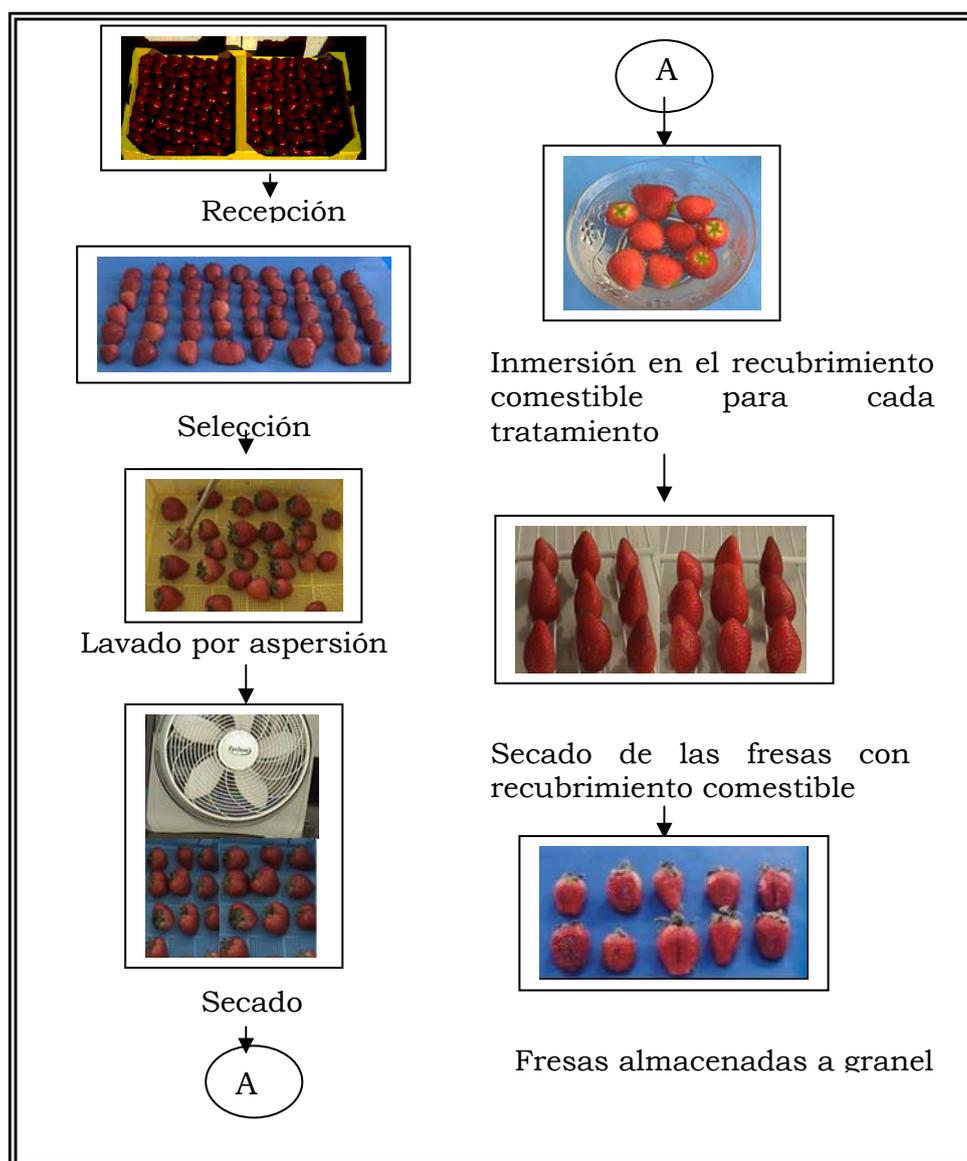


Figura 16. Aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en fresas conservadas a granel y almacenadas a 5°C y 85% HR.

❖ Selección de lotes

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

Se tomaron 10 fresas previamente seleccionadas para integrar un lote de trabajo, considerando necesario un lote de fresas para realizar cada una de las siguientes evaluaciones:



- % Pérdida de peso
- Parámetros de calidad: pH, acidez, firmeza, sólidos solubles
- Color

Las evaluaciones anteriores se aplicaron para cada concentración de gelatina con sus respectivos tiempos de inmersión, por lo que se trabajó con un total de 320 fresas agrupadas en lotes homogéneos con un total de 9 tratamientos con recubrimientos comestibles y un grupo control sin recubrimiento.

❖ **Lavado y secado de las fresas.**

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

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 20 minutos.

❖ **Aplicación del recubrimiento comestible.**

Una vez limpias, las fresas 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, el tiempo se midió con un cronómetro.

❖ **Secado de las fresas con recubrimiento comestible.**

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



❖ Almacenamiento en refrigeración.

Una vez secas en su totalidad, las fresas se colocaron en recipientes de plástico identificados por la concentración de gelatina y tiempo de inmersión. Los recipientes se almacenaron en refrigeración (5 °C y HR 85%) durante un periodo de 10 días.

4.6 Aplicación de recubrimiento comestible a base de gelatina en fresas conservadas envases de PET y refrigeración.

4.6.1 Selección de la formulación del recubrimiento.

Se elaboró el recubrimiento comestible a base de gelatina con las características descritas anteriormente y se realizaron diferentes formulaciones para el recubrimiento de las fresas. El porcentaje de los componentes se determinó de acuerdo al trabajo reportado por Flores (2005) sobre recubrimientos comestibles aplicados en limón persa y guayaba con modificaciones (Tabla 7).

Tabla 7. Formulaciones evaluadas para la conservación de fresas.

Tratamiento	% Gelatina (p/v)	Tiempo de inmersión (min)	% Ácido acético (v/v)	% Glicerol	% Tween
Fresas almacenadas en envases de PET	1	1	3	1	0,6
		5			
		10			
	2	1			
		5			
		10			
	3	1			
		5			
		10			
Control	-	-	-	-	-

Tween = Monoleato de polioxietilensorbitán.

Al aplicar el tratamiento, se trabajó con Glicerol y Tween 60, éstos últimos utilizados para reducir la actividad acuosa superficial y emulsificante respectivamente. La elección de la formulación se realizó en función a otros trabajos reportados en donde dicha formulación se aplicó a otros frutos en los que se prolongó su vida útil.



4.6.2 Elaboración del recubrimiento comestible.

Se procedió a preparar el recubrimiento comestible de acuerdo al porcentaje establecido en la tabla 4. La hidratación de la gelatina fue a 38°C con agitación constante, adicionando el tween y Glicerol en cantidades correspondientes, se mantuvo la agitación hasta obtener un recubrimiento homogéneo y transparente. En la figura 17 se muestra el procedimiento para la aplicación del recubrimiento comestible en fresas almacenadas en envases de PET y conservadas en refrigeración (5°C, HR 85%) durante 10 días.

4.6.3 Caracterización del envase de PET.

La caracterización del envase se realizó introduciendo las fresas, se realizaron 2 perforaciones (6 mm de diámetro) en la parte superior del envase a fin de permitir el intercambio de gases e impedir la condensación de agua, se determinó el porcentaje de CO₂ en intervalos de 30 min hasta las 24 horas, al observarse condensación de agua sobre el producto se determinó necesario realizar 2 perforaciones (6 mm de diámetro) en cada uno de los lados de los envases destinados para el almacenamiento de las fresas.

❖ Selección de lotes

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

Se tomaron 10 fresas previamente seleccionadas para integrar un lote de trabajo, considerando necesario un lote de fresas para realizar cada una de las siguientes evaluaciones:

- % Pérdida de peso
 - Respiración
 - Parámetros de calidad: pH, acidez, firmeza, sólidos solubles
 - Color
-
-



Las evaluaciones anteriores se aplicaron para cada concentración de gelatina con sus respectivos tiempos de inmersión, por lo que se trabajó con un total de 320 fresas agrupadas en lotes homogéneos con un total de 9 tratamientos con recubrimientos comestibles y un grupo control sin recubrimiento.

❖ **Lavado y secado de las fresas.**

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

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 20 minutos.

❖ **Aplicación del recubrimiento comestible.**

Una vez limpias, las fresas 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, el tiempo se midió con un cronómetro.

❖ **Secado de las fresas con recubrimiento comestible.**

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

❖ **Almacenamiento en envases de PET en refrigeración.**

Las fresas, se envasaron en lotes de 10 frutos, cuyo envase de 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 período de 10 días.

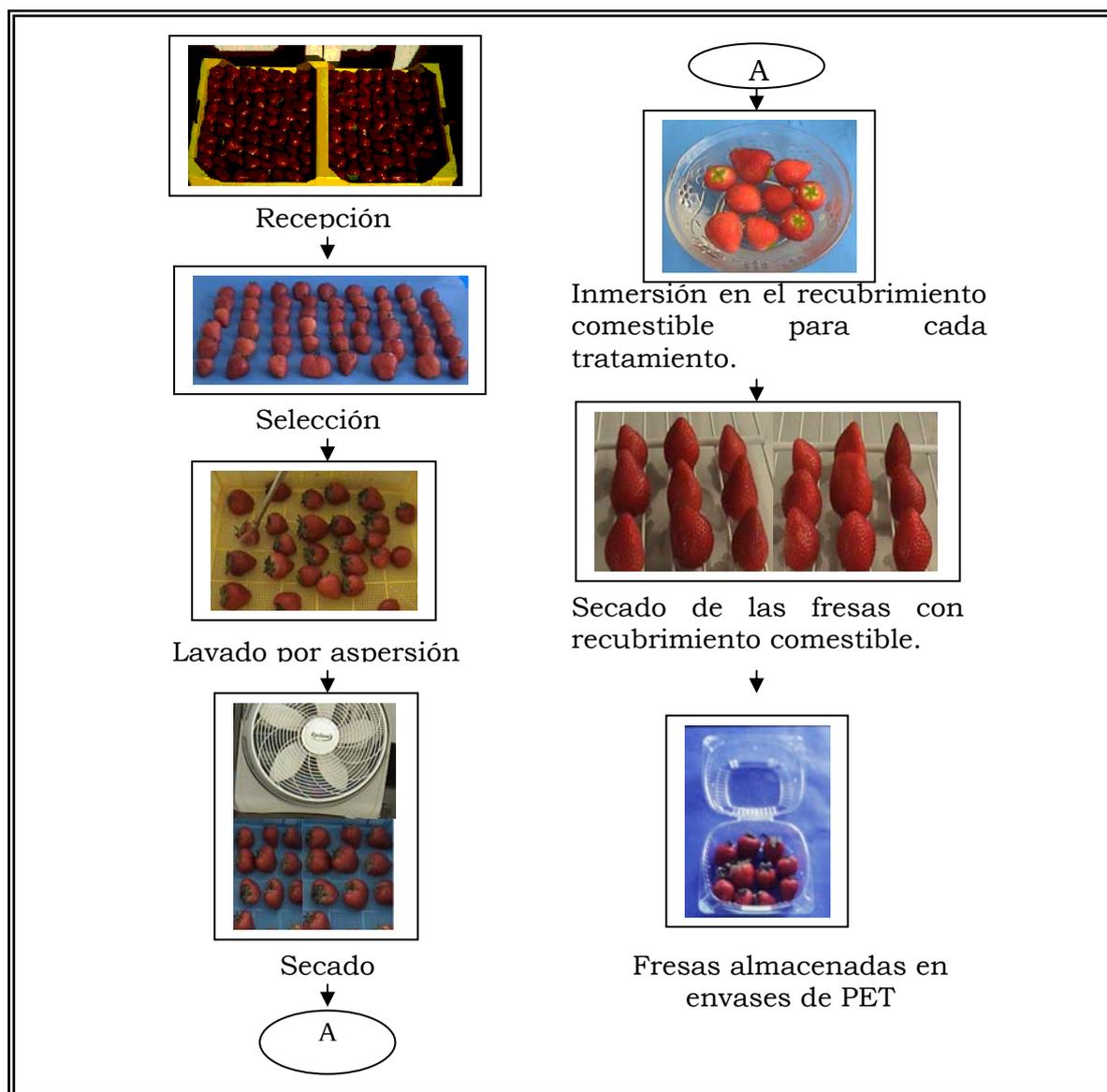


Figura 17. Aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5°C y 85% HR.

4.7 Aplicación de recubrimiento comestible a base de gelatina en fresas ‘listas para consumir’ almacenadas en refrigeración.

Un producto listo para consumir es aquél al que se ha acondicionado con las operaciones previas de un producto mínimamente procesado a excepción del cortado o cubicado; para este estudio se realizó una selección de fresas con características homogéneas eliminando el pedúnculo, lavando, así mismo fueron desinfectadas para la aplicación del recubrimiento comestible de acuerdo a la formulación seleccionada



y se envasaron en envases de PET. De esta manera se obtuvo un producto sin problemas de inocuidad y listo para el consumo asegurando su calidad microbiológica. Se trabajó con un grupo de fresas sin recubrimiento comestible como control.

4.7 Aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina en fresas listas para consumir.

4.7.1 Selección de la formulación del recubrimiento.

Se elaboró el recubrimiento comestible a base de gelatina con las características descritas anteriormente. Se realizaron diferentes formulaciones para el recubrimiento de las fresas. El porcentaje de los componentes se determinó de acuerdo al trabajo reportado por Flores (2005) sobre recubrimientos comestibles aplicados en limón persa y guayaba con modificaciones (Tabla 8).

Tabla 8. Formulaciones evaluadas para la conservación de fresas.

Tratamiento	% Gelatina (p/v)	Tiempo de inmersión (min)	% Ácido acético (v/v)	% Glicerol	% Tween
Fresas Listas para consumir	1	1	0,5	1	0,6
		5			
		10			
	2	1			
		5			
		10			
	3	1			
		5			
		10			
Control	-	-	-	-	

Tween = Monoleato de polioxietilensorbitán.

Al aplicar el tratamiento, se trabajó con Glicerol y Tween 60, éstos últimos utilizados para reducir la actividad acuosa superficial y emulsificante respectivamente. La elección de la formulación se realizó en función a otros trabajos reportados en donde dicha formulación se aplicó a otros frutos en los que se prolongó su vida útil.

4.7.2 Elaboración del recubrimiento comestible.

Se procedió a preparar el recubrimiento comestible de acuerdo al porcentaje establecido en la tabla 4. La hidratación de la gelatina fue a 38°C con agitación



constante, adicionando el tween y Glicerol en cantidades correspondientes, se mantuvo la agitación hasta obtener un recubrimiento homogéneo y transparente. En la figura 18 se muestra el procedimiento para la aplicación del recubrimiento comestible en fresas almacenadas en envases de PET y conservadas en refrigeración (5°C, HR 85%) durante 10 días.

❖ **Selección de lotes**

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

Se tomaron 10 fresas previamente seleccionadas para integrar un lote de trabajo, considerando necesario un lote de fresas para realizar cada una de las siguientes evaluaciones:

- % Pérdida de peso
- Respiración
- Parámetros de calidad: pH, acidez, firmeza, sólidos solubles
- Color
- Índice de decaimiento
- Calidad Microbiológica
- Determinación de la actividad de la pectinialiasa

Las evaluaciones anteriores se aplicaron para cada concentración de gelatina con sus respectivos tiempos de inmersión, por lo que se trabajó con un total de 700 fresas agrupadas en lotes homogéneos con un total de 9 tratamientos con recubrimientos comestibles y un grupo control sin recubrimiento.

❖ **Lavado y secado de las fresas.**

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



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 20 minutos.

❖ **Eliminación del pedúnculo.**

Libres de impurezas, se eliminó el pedúnculo de las fresas con ayuda de un cuchillo utilizando guantes para su manipulación para evitar una contaminación cruzada y teniendo cuidado de no afectar la demás estructura de las fresas. El pedúnculo fue eliminado sin ninguna utilización posterior.

❖ **Desinfección.**

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

Características del desinfectante:

Nombre comercial: GADICIN Cloro

Fórmula: Cada 100 ml de solución, contienen

Dióxido de Cloro 10% en volumen, Agua biodespilada 90 ml, densidad 1.14 g/ml.

Dosis recomendada para frutos: 8 gotas/l de agua, inmersión durante 20 minutos.

El secado de las fresas y la aplicación del recubrimiento comestible se realizaron bajo las mismas condiciones establecidas para los procedimientos anteriores así como el secado una vez aplicado el recubrimiento comestible.

❖ **Aplicación del recubrimiento comestible.**

Una vez limpias, las fresas 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, el tiempo se midió con un cronómetro.

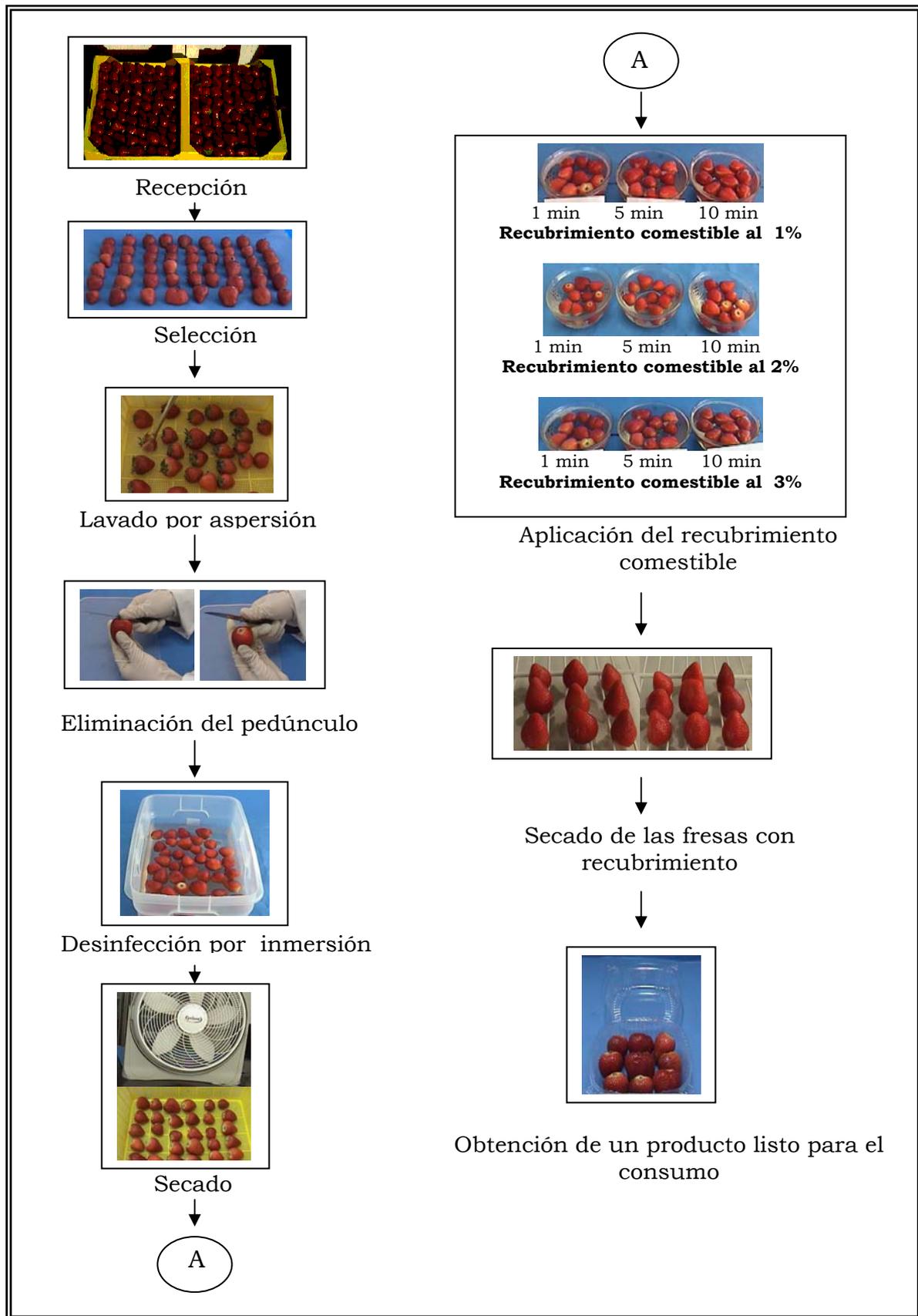


Figura 18. Aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en fresas listas para consumir y conservadas a 5°C y 85% HR.



❖ **Secado de las fresas con recubrimiento comestible.**

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

❖ **Almacenamiento en envases de PET en refrigeración.**

Las fresas, se envasaron en lotes de 10 frutos, cuyo envase de 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 período de 10 días.

4.8 Métodos Analíticos.

4.8.1 Evaluación química de las fresas.

Humedad. Se determinó mediante la técnica de secado en estufa. Se calcula el porcentaje de agua por la pérdida de peso debida a su eliminación por calentamiento bajo condiciones normalizadas (Pearson, 1989). Los sólidos totales se determinaron por diferencia con el porcentaje de humedad. Los resultados se expresaron en g/100 g de muestra.

Azúcares reductores. Los azúcares reductores se determinaron por el método de Lane y Eynon. La determinación de carbohidratos de basan en la reducción de cobre por medio del empleo de soluciones alcalinas de cobre que son reducidas por los azúcares presentes en el alimento, pasando 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/100 g de muestra.

Cenizas. Se determinó el contenido de cenizas en la fresa utilizando el método de Klemm. Se calcina e incinera la muestra (en caso necesario tras su desecación) a 550°C en la mufla y se calcula el residuo de incineración por diferencia de peso (Pearson, 1989). Los resultados se expresaron en g/100 g de muestra.



Proteínas. Se determinaron por el método de Lowry (Lowry, 1951). Esta técnica se basa en la reacción de las proteínas con cobre en solución alcalina y mediante reducción del reactivo de Folin-Ciocalteu (Ácido fosfomolibdicofosfotúngstico), 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 proteína se determinaron por interpolación gráfica en una curva patrón obtenida a 720 nm. Los resultados se expresaron en g/100 g de muestra.

Vitamina C. La determinación se realizó por el método volumétrico. La vitamina C o ácido ascórbico tiene la propiedad de decolorar el indofenol (2,6 dicloro fenol indofenol) colorante azul y la cantidad decolorada es proporcional a la cantidad de vitamina C presente en el alimento (Pearson, 1989). Los resultados se expresaron en mg/100 g de muestra.

4.8.2 Parámetros de Calidad.

• **Sólidos solubles.** El contenido de sólidos solubles fue medido directamente mediante un refractómetro Erma 20°C, con escala de 0% – 32% °Brix. La medición se realizó calibrando el equipo con agua destilada que ajusta a cero % los sólidos. Posteriormente se colocó una gota del jugo extraído de la fresa sobre la cara del refractómetro y dirigiéndolo hacia la luz, se midió el contenido de sólidos solubles expresado en °Brix (Fig. 19).



Figura 19. Determinación de sólidos solubles en fresa



Se pesaron 10 g de fresa y se homogenizaron en 100 ml de agua destilada, se filtraron las muestras y se midieron los siguientes parámetros de calidad: acidez y pH.

- **Acidez.** La acidez se determinó del sobrenadante valorada con hidróxido de sodio 0,1N. Los resultados se expresan en % de ácido cítrico (AOAC, 1990).

$$\% \text{ Acidez} = \frac{(N) * (V) * (0.07005)}{m} * 100 \quad \text{Donde:}$$

N = Normalidad del Hidróxido de Sodio

V = Mililitros de hidróxido gastados

m= gramos de muestra

- **pH.** Su determinación se realizó con un potenciómetro manual marca HANNA instruments, (mod. pHep1) mediante la inmersión del electrodo en la muestra obteniendo lectura directa en el potenciómetro digital (Fig. 20).



Figura 20. Medición del pH en fresa

- **Determinación de Firmeza.**

Se determinó utilizando un penetrómetro manual marca EFFEGI modelo FT327, introduciendo su cilindro metálico sobre una de las caras en la zona media de cada fruto; ésta se evalúa como la fuerza de ruptura de la piel y se expresó en Kg / cm² (Fig. 21).

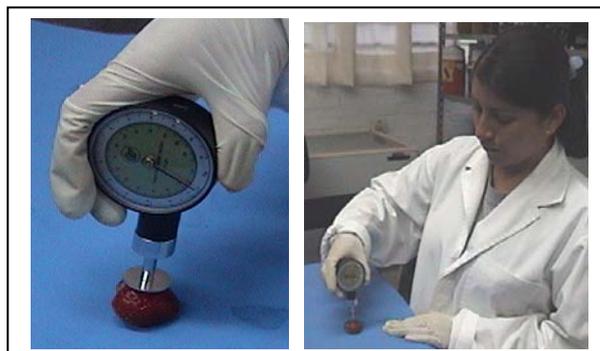


Figura 21. Determinación de firmeza en fresa

- **Determinación del 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 abscisas se mueven 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. 22). Las medidas del color fueron realizadas en la parte exterior y zona ecuatorial de las fresas en diez frutos 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, $180 =$ azulado-verde y $270 =$ azul. El croma indica la intensidad del color o saturación del color.



Figura 22. Medición del color en fresa



• **Pérdida de peso.** Se evaluó mediante la diferencia entre pesos, tomando como base el peso inicial de cada una de las fresas menos su peso final. 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 10 muestras para cada tratamiento.

• **Pérdida de Diámetro.** Se evaluó la diferencia de diámetros tomando como base el diámetro ecuatorial inicial de cada uno de los frutos menos su diámetro final. El resultado se expresó como el % de pérdida de diámetro durante su almacenamiento. La determinación se realizó para cada tratamiento así como para el grupo control, en todos los días del almacenamiento con un total de 10 muestras para cada tratamiento.

• **Índice de Decaimiento.** Se evaluó durante todos los días de almacenamiento mediante el nivel de daño por ataque fúngico en las fresas utilizando la siguiente mostrada en la tabla 9:

Tabla 9. Escala del índice de decaimiento en fresa.

Nivel de daño	Significado
1	No hay daño
2	Daño < 25%
3	Daño del 25-50%
4	Daño > 50 y <75%
5	Daño 75-100%

$$\text{Índice de Decaimiento} = \frac{\sum (\text{No. de frutos} \times \text{Nivel de daño})}{\text{No. total de frutos}}$$

4.8.3 Parámetros Fisiológicos.

• **Respiración.** Se evaluó en función de la producción de CO₂ para su cuantificación se conecta la salida del frasco de ventilación que contiene la muestra a un analizador de gas por infrarrojos marca Nitec (Fig. 23) . Los resultados se expresan en mg de CO₂/ Kg PF h.



Figura 23. Medición de la respiración en fresa

4.8.4 Determinación de la calidad microbiológica.

La determinación de la calidad microbiológica se realizó el 1^{er} y 10^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 (NOM-113-SSA-1994).
- Hongos y Levaduras utilizando Agar selectivo diferencial Papa dextrosa a una temperatura de incubación de 25°C por 5 días de incubación (NOM-111-SSA-1994).

Se realizaron diluciones hasta 10^{-3} (Fig. 24).

Estas determinaciones son las recomendadas para productos mínimamente procesados, además de que se verificó la efectividad del desinfectante comercial y la prolongación de la vida útil de las fresas a través de la aplicación del recubrimiento comestible.

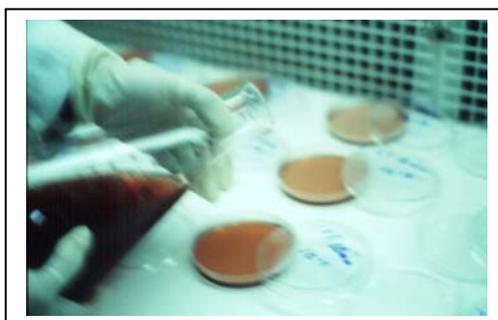


Figura 24. Determinación de la calidad microbiológica en fresa



4.8.5 Actividad Pectinliasa.

La actividad pectinliasa se determina monitoreando el incremento en la absorbancia a una longitud de onda de 235 nm. Registrando la aparición de la doble ligadura formada en los carbonos 4 y 5 de los productos de reacción (Delgado, 1993).

Obtención del Extracto.

Se pesó 0,40 g de tejido del fruto y se maceró la muestra con nitrógeno líquido. Se colectó en un tubo de microcentrífuga marca eppendorf de 2 ml y se agregó 1 ml de buffer Tris-HCl pH 8,5. Se homogenizó 1 minuto con la ayuda del vortex. Posteriormente se centrifugó por 15 minutos a 14 000 rpm. El sobrenadante se recuperó y se colocó en baño de hielo para las determinaciones enzimáticas.

Determinación de la actividad enzimática.

Se colocó en un tubo de ensayo 0,2 ml de pectina al 1% y 0,2 ml de buffer Tris- HCl, se mezcló y preincubó a 37°C durante 5 minutos. Se adicionó 0.1 ml del extracto enzimático y se incubó durante 3 horas. Se paró la reacción con 1 ml de HCl 0,01 N. Como blanco se utilizó el filtrado inactivado por ebullición durante 15 minutos.

La determinación de la actividad enzimática se realizó al inicio del almacenamiento, en la etapa intermedia y al final teniendo dos réplicas para cada uno de los tratamientos así como para el grupo control.

Cálculo de actividad enzimática:

$$\text{Actividad PL} = \frac{\Delta \text{Abs}_{235\text{nm}}}{\text{PF}}$$

Donde:

ΔAbs = Lectura del incremento de la absorbancia en el espectrofotómetro a 235 nm

PF = Peso fresco de la muestra en Kg

Para determinar la actividad de la Pectinliasa en condiciones óptimas, se estableció la evaluación de la actividad para las siguientes condiciones:



pH óptimo: Se evaluó un rango de pH de 7.5, 8.0, 8.5, 9.0, y 9.5 utilizando pectina de manzana como sustrato ya que para otros frutos se ha reportado mayor actividad con éste sustrato incubando a 37°C.

Tipo de sustrato: Establecido el pH óptimo, se evaluó la utilización de los siguientes sustratos:

- ✓ Pectina de manzana
- ✓ Pectina cítrica

Temperatura óptima: Las temperaturas de incubación evaluadas fueron de 30°C y 37° C para ambos sustratos evaluados con el valor de pH previamente establecido.

4.9 Método Estadístico.

Cada uno de los experimentos se realizó por triplicado para poder realizar un análisis estadístico que permitiera establecer la reproducibilidad de los resultados. Se utilizó el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Science Version 9.0, Student) se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para establecer si existía diferencia significativa entre las medias. Se realizaron pruebas de rango múltiple (Duncan).



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1 Caracterización física de la fresa.

Para la realización de este estudio fue necesario evaluar los parámetros físicos de la fresa, a fin de establecer las características y seleccionar lotes homogéneos. Los parámetros evaluados fueron el peso, longitud ecuatorial y polar, color y estructura (Tabla 10).

Tabla 10. Parámetros físicos de la fresa.

Parámetro	Promedio
Peso (g)	14.86 ± 1.59
Longitud Ecuatorial (cm)	9.58 ± 0.30
Longitud Polar (cm)	10.10 ± 0.12
Color	Rojo uniforme
Estructura	Íntegra

Los valores corresponden a 3 réplicas ± desviación estándar, n= 100

Según los parámetros obtenidos, las fresas utilizadas se encontraron clasificadas como calidad México Extra, México I y México II, pues de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-62-1987 (Fruta fresca-fresa *Fragaria vesca-L* Especificaciones) las fresas son clasificadas por su tamaño y calidad; para las clasificaciones ya mencionadas las fresas deben contar con un diámetro ecuatorial mayor a 3.2 cm, además deben presentar una coloración roja que se extienda de la ápice hacia la base del pedúnculo y cubra un mínimo del 50% de la superficie así como, presentar un aspecto uniforme en cuanto a color y tamaño por lo que las fresas evaluadas cumplen con las características establecidas por dicha Norma.

5.2 Caracterización química de la fresa.

La composición química de un fruto depende en gran medida de la variedad del mismo y de su grado de maduración (Astiasarán, 2000). Se determinaron los parámetros químicos mayoritarios de la fresa haciendo uso de las técnicas analíticas descritas en la metodología.



Tabla 11. Composición química de la fresa.

Componente	g/100 g muestra
Humedad ^a	89.3 ± 0.29
Azúcares reductores ^b	6.00 ± 0.04
Proteínas ^c	1.02 ± 0.06
Cenizas ^d	0.49 ± 0.06
Vitamina C ^e	77 mg /100g ± 0.01

Los valores muestran la media de 3 réplicas ± desviación estándar.

^a Humedad por el método de secado en estufa; ^b Azúcares reductores por el método de Lane y Eynon; ^c Proteínas por el método de Lowry; ^d Cenizas por el método de incineración de Klemm; ^e Vitamina C por el método volumétrico.

En la tabla 11 se observa que, la mayor parte comestible de la fresa está constituida por agua, le siguen en importancia cuantitativa los azúcares en 6%.

La glucosa es el monosacárido más abundante en los frutos y su concentración depende básicamente del grado de madurez del producto. Por su parte, la fructosa se encuentra en el jugo de la fruta y se produce en cantidades equimoleculares con la glucosa cuando se hidroliza la sacarosa; la fructosa también es conocida como levulosa (Badui, 1994).

El contenido de minerales en los frutos nunca representa un gran porcentaje de su peso, en la fresa es el potasio el mineral presente en mayor cantidad con un 150 mg/100g, ya que éste es necesario para la transmisión y generación de impulsos nerviosos, para la actividad muscular normal e interviene en el equilibrio del agua dentro y fuera de la célula (Badui, 1994). El contenido de cenizas en fresa fue de 0.5g/100g el cual representa uno de los componentes minoritarios del fruto.

Generalmente, los frutos contienen entre 0.1 y 1.5% de compuestos nitrogenados, de los cuales las proteínas constituyen un 35 a 75%, siendo que éstas no suelen suponer cantidades mayores al 2%. La mayor parte de estas fracciones proteicas están constituidas por enzimas que regulan tanto el metabolismo de los hidratos de carbono como el de lípidos y proteínas, además de estar presentes como reguladores de otros ciclos (Braverman, 1990). En fresa el contenido fue de 1g/100g de muestra.



Las fresas son muy buena fuente de vitamina C y ácido cítrico. Además, la vitamina C tiene acción antioxidante al igual que los antocianos, pigmentos vegetales que le confieren a esta fruta su color característico. La vitamina C interviene en la formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos y favorece la absorción de hierro de los alimentos y la resistencia a las infecciones (Badui, 1994).

Las fresas tienen hasta ocho veces más ácido elágico, una sustancia que inhibe la reproducción de células cancerígenas y tiene propiedades antioxidantes, además son ricas en ácido fólico, fibra dietética, muy bajas en calorías y libres de grasas, lo que las convierte en mucho más que una fruta de estación (Calderón, 1996).

5.3 Características físico-químicas de la fresa.

La calidad se ha definido como el grado de excelencia que reúnen las características que tienen importancia y contribuyen a la aceptación del producto. La calidad de los alimentos se distingue por los parámetros de color, textura, sabor y aroma. En la tabla 12 se muestran los parámetros fisicoquímicos de la fresa.

Tabla 12. Parámetros fisicoquímicos de la fresa.

Parámetros de calidad	
pH	3.43 ± 0.05
Sólidos solubles (° Brix)	7.33 ± 0.57
Acidez (% Ac. Cítrico)	0.78 ± 0.06
Color	
L	33.75 ± 0.04
a	31.08 ± 1.67
b	14.84 ± 2.30
Firmeza (Kg/cm ²)	1.66 ± 0.007

Los valores muestran la media de 3 réplicas ± desviación estándar y n= 100

Muchas mediciones de la calidad pueden realizarse antes de que la fruta sea recolectada a fin de determinar si ha alcanzado la madurez apropiada, ya que cuando maduran las frutas en el árbol, la concentración de sólidos que en su mayor parte es de azúcares cambia.



El color de un fruto no sólo nos ayuda a determinar su calidad, ya que puede ser un indicio de madurez o descomposición, para el caso de la fresa cuando aún no ha madurado presenta un color amarillo-verde hasta un color rojo brillante cuando ha alcanzado la maduración que le confiere al parámetro Luminosidad (L) valores de 30 a 40 (Astiasarán, 2000).

El contenido de ácido de la fresa, cambia según la madurez y afecta el sabor de ésta. Para muchas frutas la acidez y el sabor dependen de la relación entre el azúcar y el ácido. La fresa posee ácidos orgánicos tales como cítrico, málico, tartárico y oxálico que provocan que estos productos presenten un pH entorno a 3.5, como el encontrado en el presente trabajo.

La firmeza y la consistencia de las frutas se deben, por una parte al contenido en agua, retenida por ósmosis en las células y al contenido en geles de almidón y de pectina. La fresa presentó una firmeza de 1.66 Kg/cm² en estado fresco.

5.4 Efecto de la aplicación del recubrimiento comestible sobre los parámetros de calidad en fresas a granel almacenadas en refrigeración.

La maduración de las frutas está ligada a complejas modificaciones físicas y químicas. Fenómenos especialmente destacados son el ablandamiento endulzamiento y los cambios en el aroma, en la astringencia y la coloración.

La calidad de la fruta se establece en función de criterios de apreciación visual, como tamaño, forma, color, carencia de defectos y enfermedades (Moreiras *et al.*, 1992).

Un factor que condiciona en mayor medida la calidad de las frutas, es la apariencia y turgencia que le confiere un aspecto de frescura característico y están condicionadas por su contenido en agua.

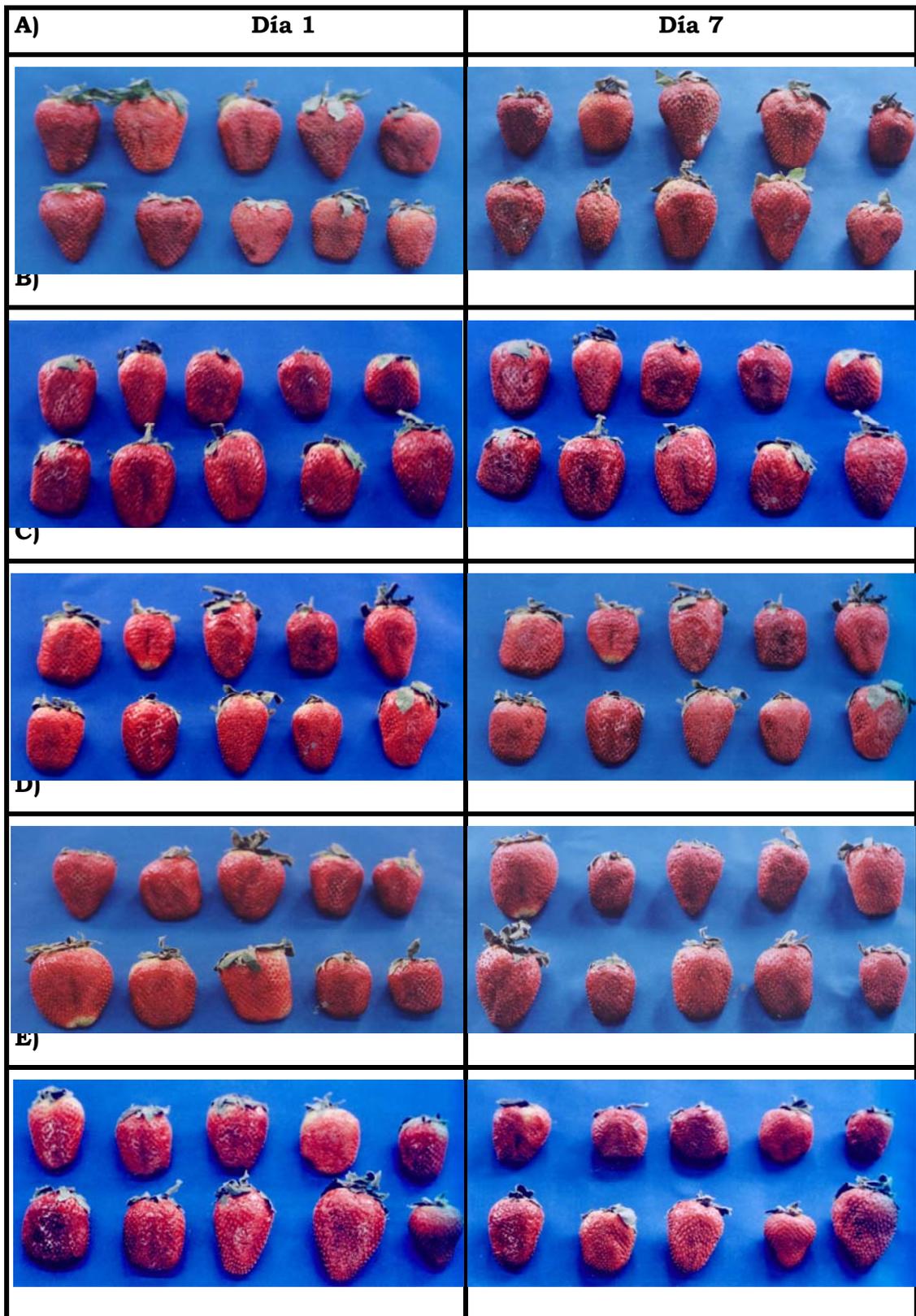
Así mismo, también se registra en los frutos durante la maduración una amplia gama de cambios estructurales en el grosor de la pared celular y la cantidad de espacios intercelulares, que contribuyen al ablandamiento de los tejidos que es



considerada como un primer indicio de madurez, confiriendo al fruto la textura necesaria para su aceptación (Sacher, 1997).

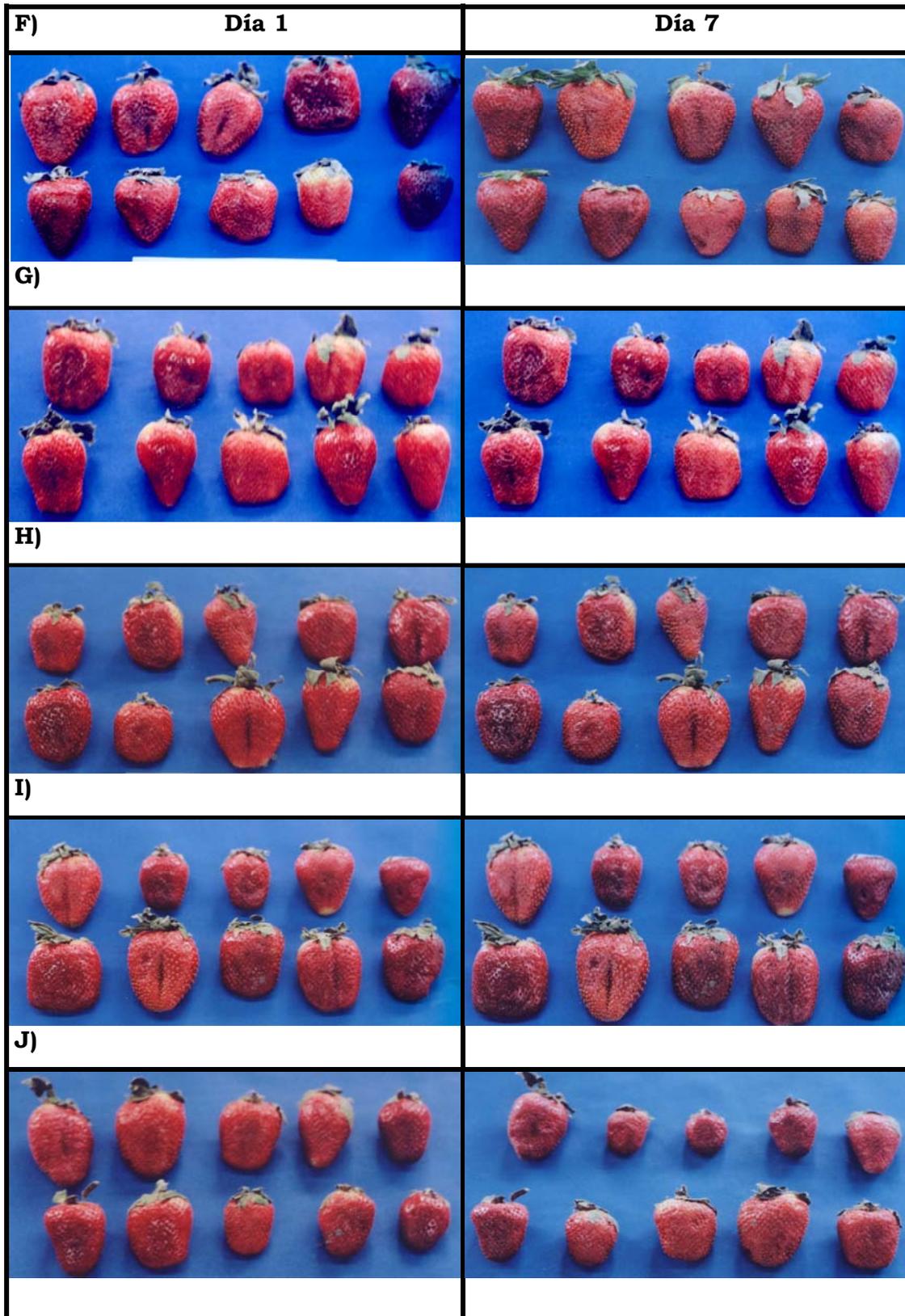
Todos estos aspectos tienen gran importancia porque inciden en los cambios que se producen durante el almacenamiento, el transporte y la comercialización, afectando también en cierta medida al valor nutritivo de las frutas.

En la figura 25, se muestran los cambios en la apariencia de las fresas utilizando diferentes concentraciones de gelatina (1, 2 y 3%) y 5 % de ácido acético y los plastificantes. En las fresas tratadas, aumentó la brillantez con el recubrimiento comestible; sin embargo, al finalizar el almacenamiento, se observó una degradación de los tejidos y cambios de color en todos los frutos incluso en las fresas con recubrimiento. Además, el control mostró invasión fúngica, se puede destacar la ausencia del ataque fúngico en las fresas con recubrimiento atribuyéndole este beneficio a la aplicación del recubrimiento comestible; sin embargo, se observó que la calidad de las fresas con tratamiento no es atractiva para su consumo, observándose que al 3% de gelatina las fresas resultaron mayormente afectadas. Se sugiere que el efecto por la concentración de ácido acético, ya que éste pudo penetrar en la pared celular de las fresas tratadas provocando una ligera disminución de su tamaño. Además, se observó un envejecimiento notorio en el cáliz de las fresas con recubrimiento afectándose su color verde característico debido posiblemente por un cambio drástico de pH, en la superficie de las fresas. Se observó un color rojo con ligeros pigmentos oscuros lo que restó calidad en las fresas; sin embargo, éstas se conservaron mejor con respecto al control pudiendo aprovechar las fresas para darle otra forma de consumo.



A = Control **B** = 1% 1 min **C** = 1% 5 min **D** = 1% 10 min **E** = 2% 1 min

Figura 25. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina en la calidad de fresas conservadas a granel almacenadas a 5 °C y 85 % HR.



F = 2% 5 min **G**= 2% 10 min **H**= 3% 1 min **I** = 3% 5 min **J** = 3% 10 min

Figura 25. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina en la calidad de fresas conservadas a granel almacenadas a 5 °C y 85 % HR.



5.4.1 Cambios en la acidez.

Los ácidos pueden considerarse como una reserva energética más de las frutas siendo, por consiguiente, de esperar que su contenido decline en el período de actividad metabólica máxima, en el curso de la maduración.

Los ácidos alifáticos, sobre todo el cítrico y málico, van disminuyendo con la maduración, también los ácidos fenólicos, que se metabolizan a partir de cierto grado de madurez. Esto produce la desaparición del sabor agrio y de la astringencia, para dar lugar a un sabor suave y al equilibrio dulzor- acidez de los frutos maduros (Salunkhe, 1993).

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

El grupo de fresas control presentaron valores de 0.8 % de acidez en el primer día de almacenamiento, mientras que las fresas con recubrimiento comestible aumentaron su acidez como se muestra en la (Fig. 26 A). las fresas al 1 % de gelatina con tiempos de inmersión de 1, 5 y 10 minutos registraron valores de 1, 1.1 y 1,15 % de ácido cítrico respectivamente, mientras que para la concentración de 2% (Fig. 26 B) se registraron valores de 1.16, 1.19 y 1.2% de acidez correspondientes a los tiempos de inmersión de 1, 5 y 10 minutos. Los frutos con el recubrimiento al 3% de gelatina (Fig. 26 C) el efecto fue semejante al mencionado para 1 y 2% de gelatina. La acidez de los frutos se afectó significativamente ($P \leq 0.05$) por el recubrimiento; sin embargo, entre los tratamientos de 2 y 3 % de gelatina no mostraron diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre estos pero sí con respecto al tratamiento del 1% de gelatina.

Este mismo comportamiento se observó al final del almacenamiento, pues para todos los frutos tratados y no tratados mostraron una reducción en el contenido de ácido cítrico durante el transcurso del almacenamiento.

Así el control redujo su contenido en ácido cítrico hasta 0.67 % debido a la pérdida de ácidos orgánicos por efecto natural de la maduración y los cambios que desencadena la etapa de senescencia en frutos no climatéricos; para la concentración de gelatina al 1% se registraron porcentajes de 0.8 para 1 minuto de



inmersión y 0.9 para los tiempos de 5 y 10 minutos; la reducción fue menos elevada para la concentración de 2 y 3% de gelatina, llegando a 0.9 y 0.6% de ácido cítrico, sin encontrarse diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre éstos tratamientos ni entre los tiempos de inmersión; sin embargo si la hubo entre éstos con respecto al control y al primer tratamiento, aunque en éste no hubo diferencia significativa por los tiempos de inmersión.

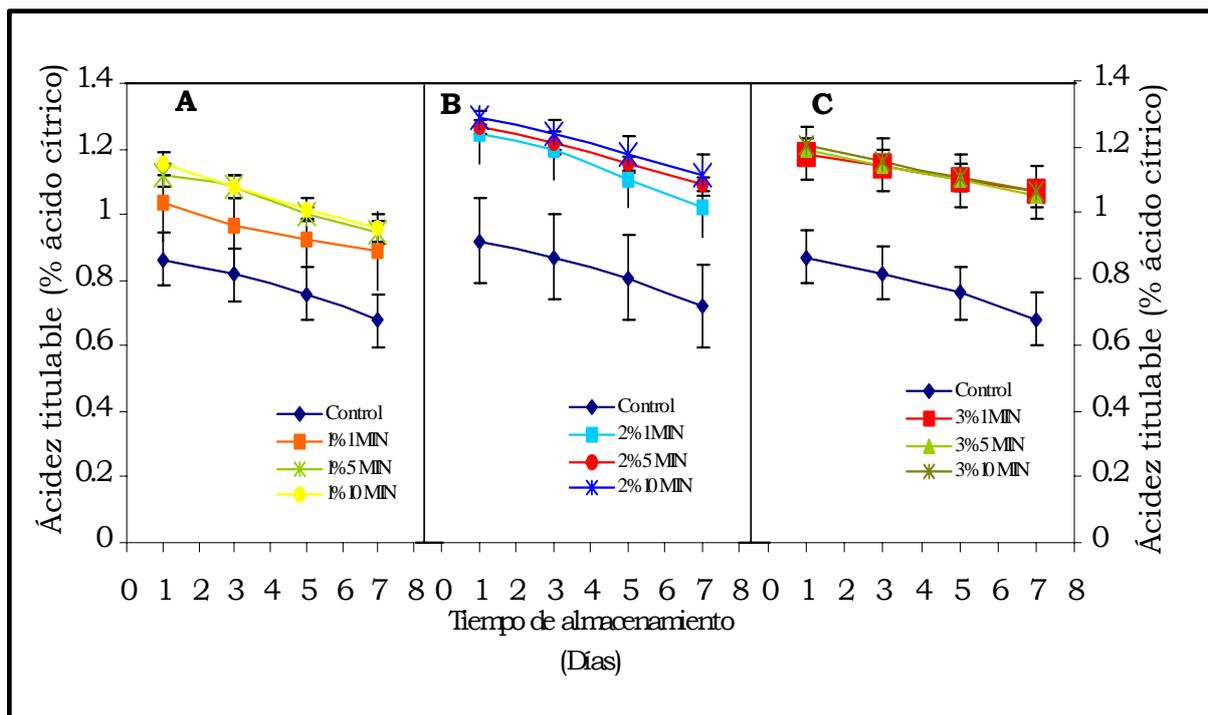


Figura 26. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en la acidez de fresas conservadas a granel y almacenadas a 5 °C y 85% HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

Esto sugiere que las fresas con el tratamiento al 1% de gelatina, fueron menos ácidas con respecto al resto de los tratamientos, es decir hay una influencia por la concentración de ácido acético utilizada como conservador en la formulación del recubrimiento y además como lo indica la figura 26, a mayores concentraciones de gelatina utilizada en la formulación, hubo mayor acidez, se infiere que esto es debido a la capacidad de retención de agua que una proteína o hidrato de carbono posee, en este caso la capacidad del colágeno para formar un gel que es la base del recubrimiento comestible. La retención de agua es la causante de la formación de un gel en el que las macromoléculas del colágeno al formar una red tridimensional



atrapan las moléculas del solvente que para este caso son las del ácido acético (Badui, 1994). Este hecho, facilita la concentración del ácido acético en el recubrimiento comestible que interactúa con las fresas permitiendo la penetración de éste en las paredes celulares de las fresas influyendo directamente en el contenido de ácidos en éstas; para este estudio sólo fue de interés la determinación de la acidez en función al contenido de ácido cítrico por lo que no se determinaron otros. Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con trabajos con otro tipo de recubrimientos (Yaman *et al.*, 2001) donde se encontró que la acidez titulable en cerezas recubiertas con Semperfresh a base de ésteres de sucrosa y almacenadas a temperatura ambiente durante 20 días decreció a lo largo del almacenamiento. El recubrimiento aumentó el porcentaje de acidez titulable existiendo diferencia significativa entre los tratamientos y el grupo control. La diferencia del efecto puede deberse al tipo de epidermis del fruto y a la naturaleza del recubrimiento.

La reducción del porcentaje de acidez en las fresas tratadas no fue por efecto del retraso de la maduración sino por efecto directo de la concentración de ácido acético utilizado en la formulación del recubrimiento que se aplicó a las fresas en este estudio. En contraste a este trabajo, Salvador *et al.* (2003) reportaron que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con respecto a los frutos control al aplicar un recubrimiento a base de quitosán al 0.6% y al 1.25% en mandarinas 'fortune' almacenándolas a 20 °C durante 15 días que lograron una elevada reducción de la acidez con respecto a los frutos control.

5.4.2 Cambios en los sólidos solubles.

El cambio más importante asociado a la maduración de los frutos es la degradación de los hidratos de carbono, esta transformación tiene doble efecto de alterar tanto el sabor como la textura del producto. El aumento del contenido de azúcares los hace más dulces e incrementa su aceptabilidad (Davies, 1998).

En los frutos no climatéricos, el desarrollo de la calidad comestible óptima se halla asociado al aumento del contenido de azúcares, aunque en este caso no procedan de la degradación de sus reservas amiláceas, sino de la savia que llega al fruto.



El contenido de azúcares en los frutos se evalúan como el contenido de sólidos solubles; también se evalúan en términos de azúcares reductores y no reductores (Primo, 1997).

En la figura 27 se observa el efecto de la aplicación del recubrimiento comestible en fresas almacenadas a granel sobre el contenido de sólidos solubles a lo largo de 7 días conservadas a 5°C y 85% HR.

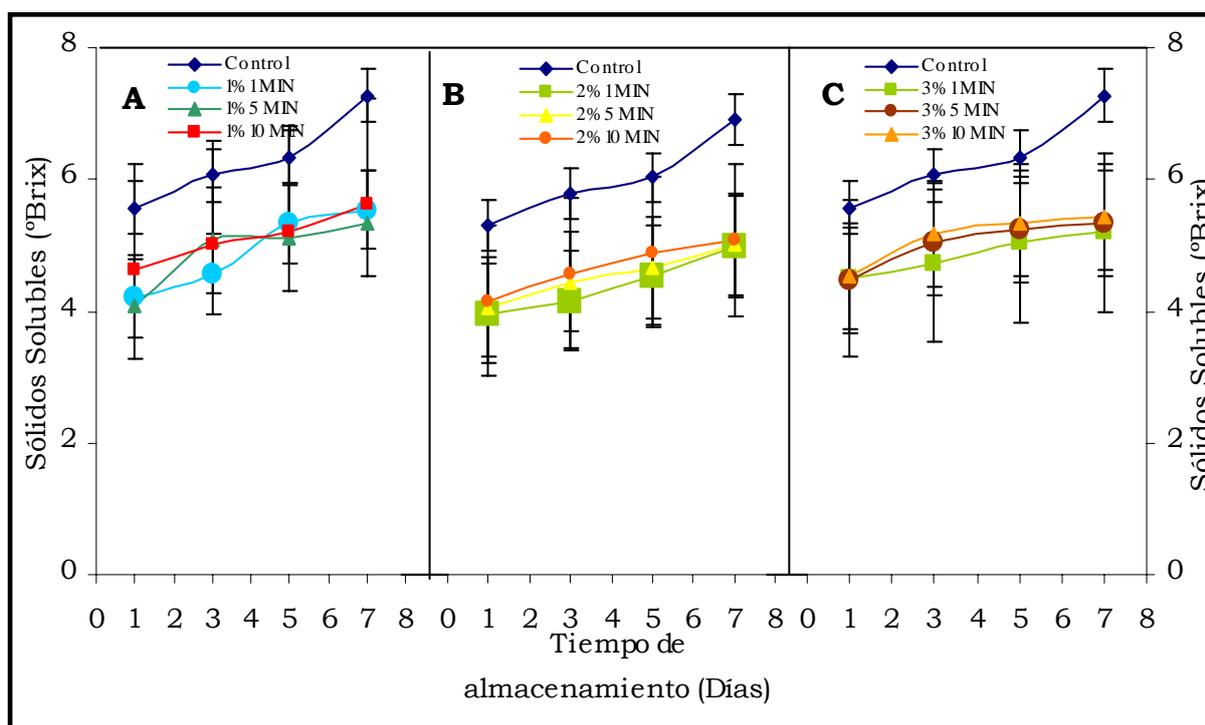


Figura 27. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en los sólidos solubles de fresas conservadas a granel y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

El tratamiento tuvo efecto significativo ($P \leq 0.05$) en el contenido de sólidos solubles en fresas almacenadas a granel con recubrimiento comestible en diferentes concentraciones, desde el inicio del almacenamiento se encontró diferencia entre el grupo control y los frutos con tratamiento; sin embargo, entre los frutos con tratamientos no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) ni por el tiempo de inmersión, ni por la concentración de gelatina, ya que el grupo control registró valores de 5,5 °Brix, mientras que, los frutos con tratamiento presentaron contenidos de 4, 4.5 y 4.6 °Brix entre las distintas condiciones de aplicación.



Durante los días de almacenamiento se mantuvo esta tendencia, los frutos sin recubrimiento alcanzaron 7.26 °Brix al final del almacenamiento, mientras que en los frutos con recubrimiento (figura 27) alcanzaron unos valores aproximados de 5.5 °Brix, sin registrarse diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre las diferentes concentraciones.

Por lo anterior se infiere que la dulzura en las fresas por efecto directo del tratamiento fue disminuida de manera importante. Además la concentración del ácido acético fue considerada alta y resta a las fresas aceptabilidad como un producto comercial, además de afectar el sabor y la apariencia del producto.

Al comparar los resultados con otro tipo de recubrimientos aplicados en otros frutos, Chien *et al.* (2005) reportaron que el contenido de sólidos solubles en mango recubierto con quitosán al 0.5, 1 y 2 % almacenados a 6 °C durante 7 días, incrementaron al aplicar los tratamientos desde 12.23, 12.36 y 12.28 °Brix respectivamente, mientras que el control registró valores de 11.57 °Brix considerando significativo el efecto por la aplicación del recubrimiento comestible. Los resultados obtenidos en el presente trabajo reportaron un efecto contrario en fresas y con aplicación de gelatina, debido a la naturaleza del recubrimiento estudiado y al tipo de fruto. Certel *et al.* (2004) encontraron diferencia significativa en el contenido de sólidos solubles en cerezas con un recubrimiento comestible a base de proteína de leche almacenados durante 60 días a 4°C y 80-85 % y cerezas sin recubrimiento incrementando su valor durante el almacenamiento para ambos casos, siendo que el control alcanzó valores de 21.69 °Brix, mientras que las cerezas tratadas alcanzaron un valor de 17.85 °Brix al final del almacenamiento. A pesar de tratarse de proteínas de lácteos, el comportamiento fue semejante al obtenido en este estudio, ya que el contenido en sólidos solubles de fresas con recubrimiento comestible a base de gelatina fue menor que en los frutos sin recubrimiento hasta el final del almacenamiento.

5.4.3 Cambios en el pH.

El pH es uno de los más importantes factores de estrés en las frutas ya que determina el tipo de organismo que puede proliferar y su velocidad de crecimiento, la actividad de los conservadores y la estabilidad de muchas vitaminas. En general,



el pH de las frutas conservadas debe de ser tan bajo como su palatabilidad lo permita. Afortunadamente, las frutas pueden tolerar reducciones significativas de pH sin alteración de su gusto y aroma (Weichmann, 1997). El pH de un alimento es la medida de la acidez o alcalinidad de ese producto. Nuestro sentido del gusto sólo es capaz de reconocer diferencias importantes en el pH dentro de sistemas alimentarios complejos. Un producto ácido tendrá un sabor agrio, mientras que un producto alcalino tendrá un sabor amargo (Martínez, 2004).

En la figura 28 se observa que la aplicación del recubrimiento comestible presentó un efecto significativo ($P \leq 0.05$) en el pH de las fresas desde el inicio del almacenamiento, ya que el pH de las fresas con tratamiento resultó disminuido con respecto al pH del grupo control.

La figura 28(A) muestra que en el primer día de almacenamiento el tiempo de inmersión al recubrir los frutos influyó significativamente en los valores de pH que se registraron ya que para 1 y 10 minutos el pH fue de 3, mientras que para el tiempo de inmersión de 5 minutos fue de 3.23; así mismo se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) de estos valores con respecto al control que registró un valor de 3.63. En tanto que, para las concentraciones del 2% y 3% de gelatina los valores de pH encontrados no registraron variaciones por los diferentes tiempos de inmersión. El efecto por la concentración de gelatina no fue significativo ($P \geq 0.05$) ni tampoco influyeron los tiempos de inmersión; sin embargo se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto al control.

Durante los siguientes días de almacenamiento el pH fue aumentando en todos los frutos. El control alcanzó un valor de pH de 4, no obstante para los frutos con recubrimiento al 1% de gelatina se alcanzaron valores de 3.56 y 3.6 para los tiempos de inmersión de 1 y 5 minutos, para el tiempo de inmersión de 10 minutos el pH fue ligeramente menor pues registró un valor de 3.46. Los tratamientos de 2 y 3% de gelatina mantuvieron el mismo comportamiento que en el inicio del almacenamiento en cuanto a que no hubo variaciones pronunciadas en los valores de pH.



Por lo anterior, se infiere que hubo diferencia significativa entre los tratamientos y las fresas sin recubrimiento ($P \leq 0.05$), esto se atribuye a la acción de la concentración del ácido acético en el recubrimiento comestible cuya función como antimicrobiano es disminuir el pH de los alimentos y al aumentar la acidez los valores de pH esperados son menores con respecto al control.

El pH de los frutos con recubrimiento comestible, así como el grupo control mostró una tendencia hacia el aumento del pH demostrando así que el recubrimiento comestible no intervino en el proceso de maduración ya que esta tendencia la siguen todos los frutos hasta la senescencia.

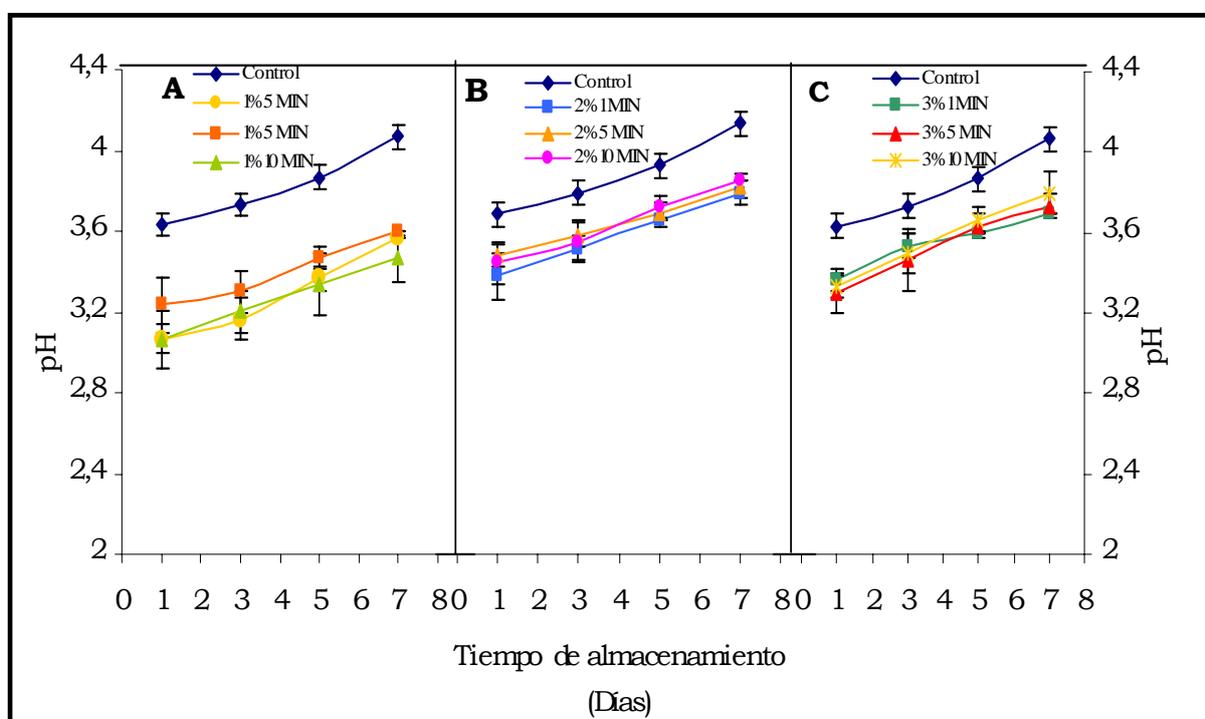


Figura 28. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en el pH de fresas conservadas a granel y almacenadas a 5° C y 85% HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

5.4.4 Cambios en la Firmeza.

La firmeza o textura de las frutas es la resultante de la naturaleza de las células del parenquima y de los demás componentes estructurales. La degradación de los



hidratos de carbono poliméricos, especialmente de las sustancias pécticas y las hemicelulosas, debilitan las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen unidas a las células unas a otras (Wills *et al.*, 1999). Darvil (1994) muestran que los cambios aparentes en la pared celular de los frutos están asociados con poliuronidos. Los polímeros galactosa y rabinosa muestran asociación con los poliuronidos, por lo que el ablandamiento de las frutas ocurre por la solubilización incluso en la degradación de poliuronidos en la pared celular. La figura 29 muestra el efecto de la aplicación del recubrimiento comestible sobre la disminución de la firmeza de fresas almacenadas a 5°C y 85% HR, observándose en el grupo control cambios no deseados provocados por el proceso de maduración como el ablandamiento excesivo, esto fue debido a que las protopectinas se transforman en pectina dando lugar a fresas menos firmes con respecto a las fresas tratadas.

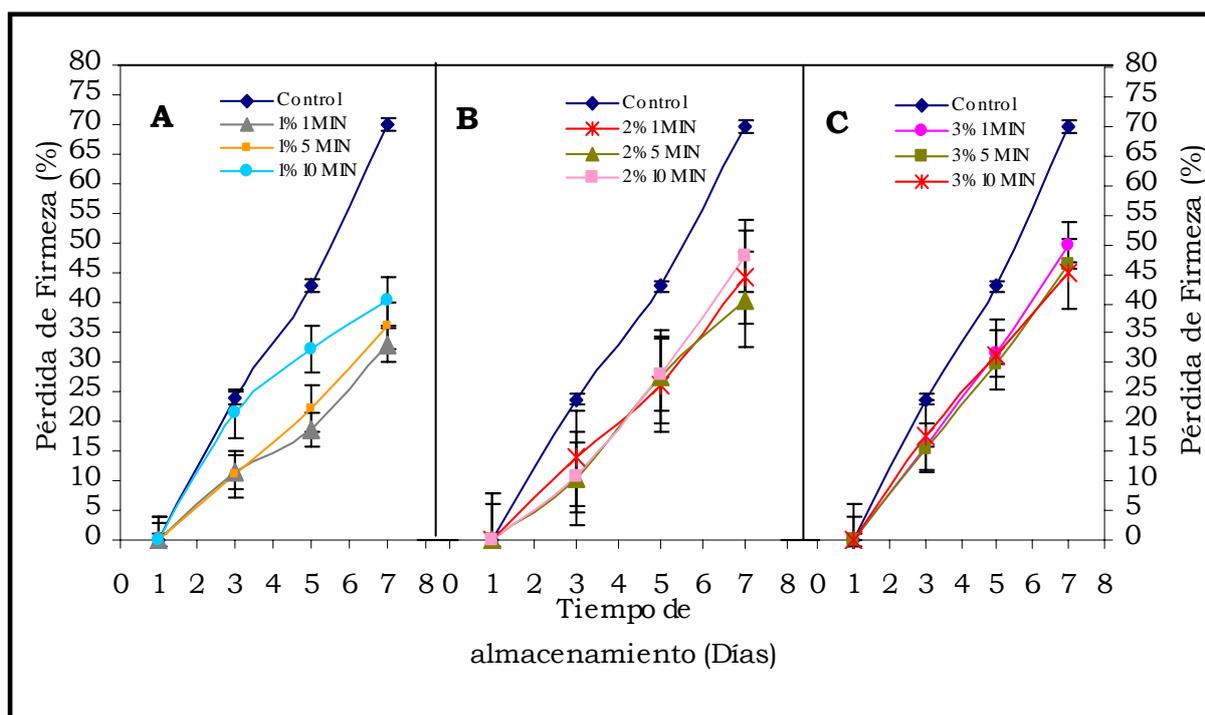


Figura 29 Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en la pérdida de firmeza de fresas conservadas a granel y almacenadas a 5° C y 85% HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

Durante el almacenamiento la pérdida de firmeza aumentó en todos los frutos; sin embargo, la pérdida no fue tan pronunciada en los frutos con recubrimiento, teniéndose una influencia por la concentración de la gelatina como indica la figura 29(A), donde se registraron valores 11% para los diferentes tiempos de inmersión,



para la concentración del 2% de gelatina se obtuvieron pérdidas de firmeza en 10% para los tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos, mientras que para el tiempo de inmersión de 1 minuto ésta fue de 14%. Para la concentración de gelatina al 3%, las pérdidas de firmeza fueron ligeramente mayores, ya que se obtuvieron pérdidas del 16 y 17% para 1 y 5 minutos. Al finalizar el tiempo de almacenamiento, las fresas sin recubrimiento presentaron una pérdida de firmeza de 75%, lo que implica un debilitamiento importante de las paredes celulares de los frutos, en tanto que las fresas con recubrimiento comestible registraron pérdidas de firmeza de 32, 36 y 40% para la concentración de gelatina al 1% en sus respectivos tiempos de inmersión; en tanto que para las fresas con recubrimiento al 2% de gelatina, las pérdidas oscilaron entre 44 a 48% entre los diferentes tiempos de inmersión (Fig. 29B). Para las fresas con recubrimiento al 3% de gelatina, las pérdidas fueron de 46% aproximadamente, entre los diferentes tiempos de inmersión (Fig. 29C). Los diferentes tratamientos presentaron un efecto significativo ($P \leq 0.05$) en la firmeza de los frutos.

Se sugiere un efecto por la concentración del ácido acético ya que éste reduce el pH sin inhibir su tendencia normal hacia el aumento; sin embargo, esta reducción favorece la hidrólisis o degradación de los carbohidratos poliméricos, especialmente sustancias pécticas y hemicelulosas, debilitando las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen unidas a las células, lo que se tradujo en una pérdida pronunciada de firmeza en los frutos tratados aunque ésta fue menor con respecto al grupo control.

Otros trabajos con este fruto, demuestran que un recubrimiento a base de amilosas y alto contenido en glicerol aplicado en fresa (*Fragaria ananassa*) almacenadas a 0 °C y 84% HR presentó un efecto benéfico sobre la retención de la firmeza hasta un 49.2% con respecto al control (García *et al.*, 1998). Esta tendencia fue encontrada en el presente trabajo a pesar de que las condiciones de almacenamiento fueron a una temperatura inferior en donde la pérdida de firmeza en las fresas sin recubrimiento fue del 70%, mientras que en las fresas con recubrimiento fue de alrededor del 35% en todas las condiciones.



Otro estudio reportó que la pérdida de firmeza o ablandamiento durante la maduración de las fresas es un factor determinante en su calidad y vida útil en el almacenamiento. Este ablandamiento es atribuido a la degradación de los componentes de las células y a la actividad de enzimas específicas (Manning, 1993).

5.4.5 Cambios en el Color.

El color constituye una de las cualidades sensoriales más apreciables a simple vista que en consecuencia tiene un papel importante en las características de calidad de los frutos (Story, 1997).

El color de las frutas se debe a los pigmentos localizados en los plastos, vacuolas y el líquido citoplasmático de las células, muchas veces limitado sólo a las células epidérmicas (por ejemplo, algunas variedades de uvas). La desaparición de la clorofila va asociada a la síntesis o al desenmascaramiento de otros pigmentos, cuyos colores oscilan entre el amarillo y el rojo. Estos son compuestos bastante estables y no se alteran en los tejidos aún en avanzado estado de senescencia (Addy, 1996).

En la figura 30 se puede observar el efecto de la aplicación del recubrimiento comestible en la luminosidad de las fresas tratadas con respecto a las fresas sin recubrimiento comestible.

La figura 30(A) indica que al inicio del almacenamiento, el recubrimiento comestible 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 de $L=37$ al igual que únicamente el tratamiento de 3% por 10 minutos de inmersión, mientras que para los tiempos restantes de este tratamiento se obtuvieron valores de $L= 34$ (Fig. 30C), en tanto que los frutos recubiertos al 1% de gelatina registraron valores de 33 para el tiempo de inmersión de 1 minuto y $L = 35$ para los dos tiempos de inmersión restantes; se encontró un ligero aumento del valor de L para los frutos tratados con gelatina al 2% registrándose valores de $L= 36$ para 1 y 10 minutos de inmersión, en tanto que para 5 minutos de inmersión fue de $L= 34$ (Fig. 30B). Por lo que cabe señalar que no se encontró diferencia significativa ($P \geq$



0.05) entre la luminosidad de los frutos con recubrimiento comestible al inicio del almacenamiento.

A lo largo del almacenamiento se encontró un descenso de este parámetro tanto para las fresas tratadas como para las del grupo control. El recubrimiento comestible no mantuvo la luminosidad característica de la fresa, ya que se fue degradando al mismo ritmo que en los frutos sin recubrimiento. Se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos de 2% y 3% de gelatina en 10 minutos de inmersión con respecto al control y el resto de los tratamientos.

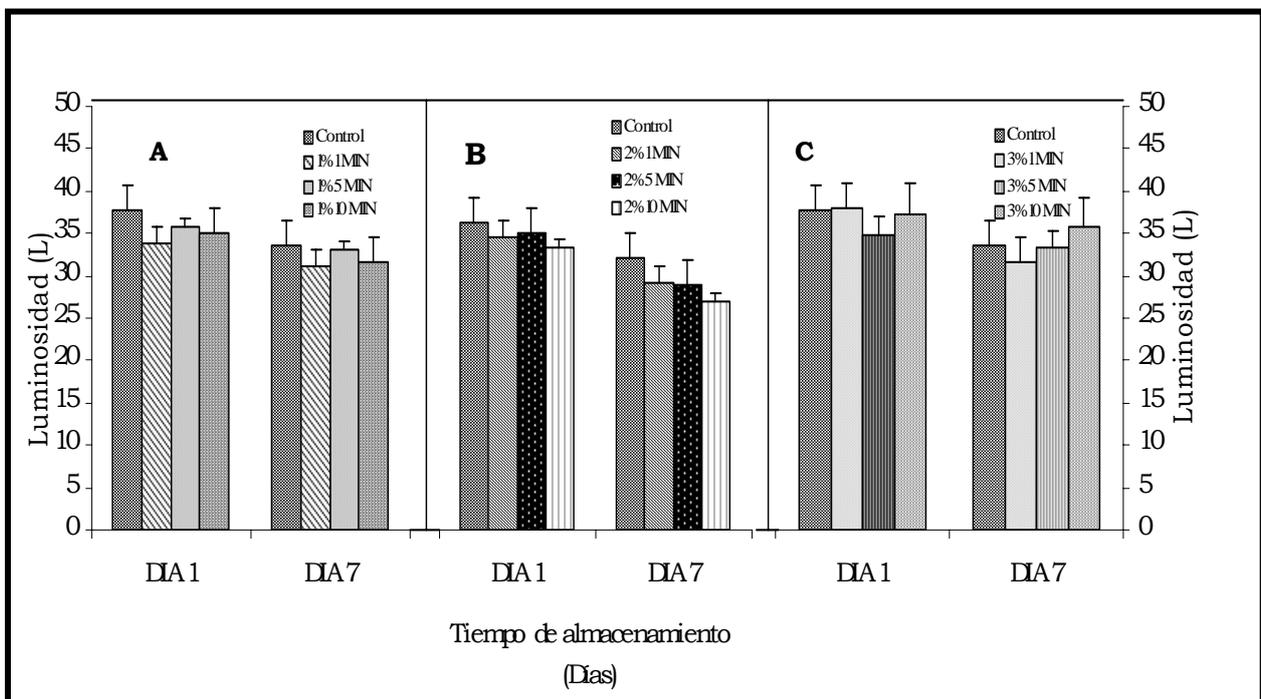


Figura 30 Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la Luminosidad de fresas conservadas a granel y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

En la figura 31 se muestran los cambios en el tono (hue), donde 0=rojo-púrpura, 90= amarillo, 180=azul-verde y 270= azul. Por lo que respecta al tono (hue) de las fresas tratadas, presentaron valores aproximados de Hue=26 a 36. Sin embargo, no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) por efecto del tratamiento.

Durante el almacenamiento, se mostró un descenso del tono (hue) tanto en el control como en las fresas recubiertas encontrándose valores de hue de 23 a 27 entre los tratamientos, mientras que el control registró un valor de 29. Esto indica



que la aplicación del recubrimiento comestible no retuvo el color en las fresas, puesto que se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el tratamiento de 1% por 1 minuto y el control y a su vez de éstos dos con respecto al resto de los tratamientos, es decir, el tono de las fresas recubiertas disminuyó más que las fresas sin recubrir.

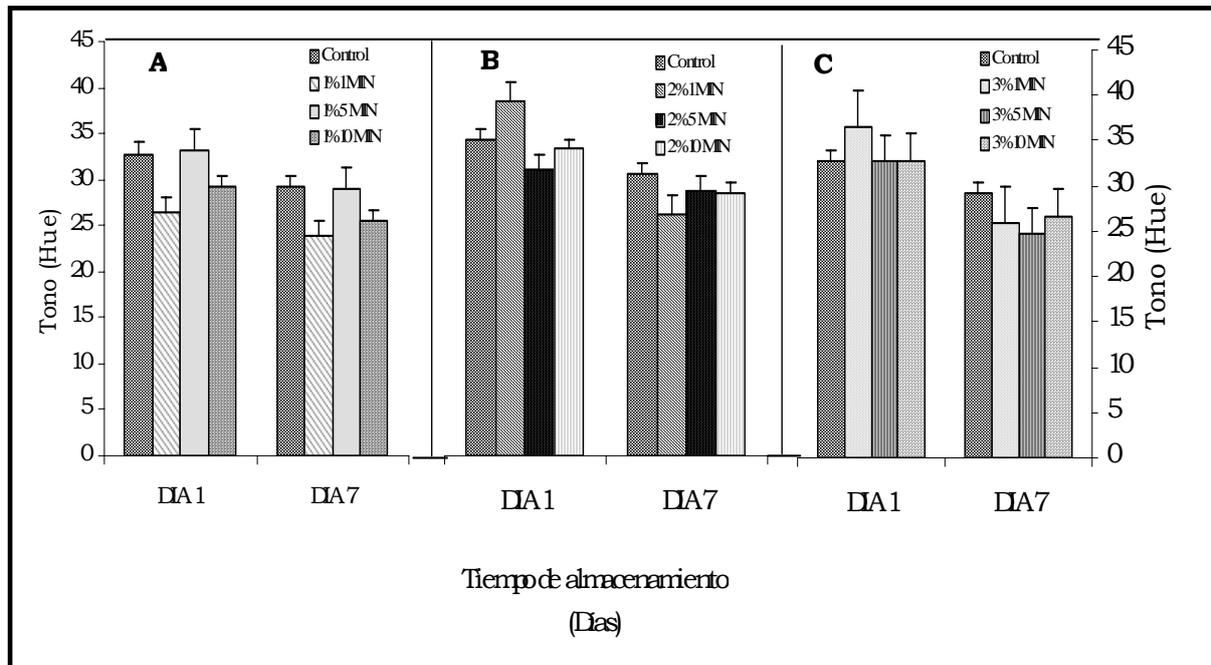


Figura 31. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en el Tono de fresas conservadas a granel y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

En el caso de la figura 32, se pueden observar los cambios en el parámetro de croma que nos indica la intensidad del color, éste fue evaluado en todos los tratamientos así como en las fresas sin recubrimiento encontrándose valores al inicio del almacenamiento de 32 para el tratamiento de 2% de gelatina, 1 minuto de inmersión, para el resto de los tratamientos así como para el control se encontraron valores de 34-37, hubo un ligero incremento en los tratamientos de 2 y 3% de gelatina en el tiempo de inmersión de 10 minutos ya que se registró un valor de 38 y 39, respectivamente. De este modo, al inicio del almacenamiento se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre éstos dos tratamientos y el primer tratamiento mencionado y de éstos a su vez con respecto al control y el resto de ellos.



Para el final del almacenamiento se observó una disminución de este parámetro para todos los frutos tratados al igual que el grupo control, registrándose valores de 31 para el control, así como para el tratamiento de 2% por 1 minuto de inmersión, un valor de 32 para 2% de gelatina por 10 minutos, en tanto que el resto de los tratamientos presentaron valores de 33 a 35, excepto 1 y 3% de gelatina y 5 minutos de inmersión obteniéndose un valor de 36. Se encontró un efecto significativo ($P \leq 0.05$) entre estos dos últimos tratamientos y el control y de estos a su vez con resto de los tratamientos.

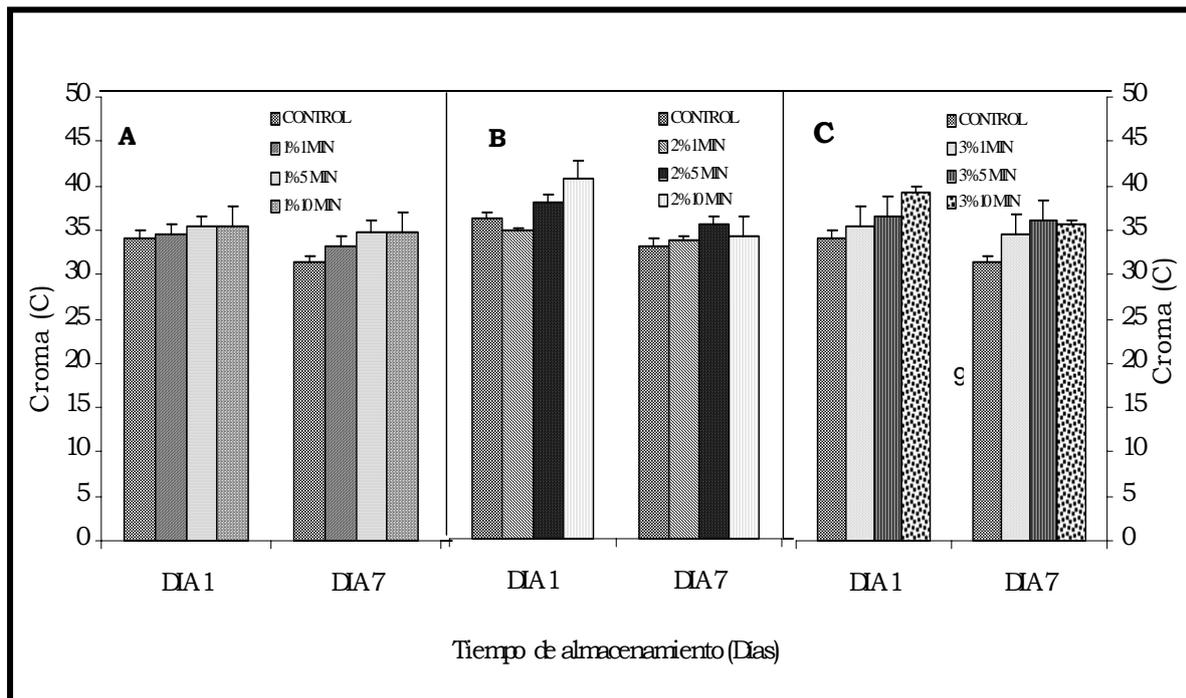


Figura 32. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en el Cromo de fresas conservadas a granel y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

Estos cambios ocurridos en estos parámetros de color fueron ocasionados por el efecto de la aplicación del recubrimiento comestible, pues no se logró inhibir la degradación de color durante el proceso de maduración hasta la senescencia.

Se atribuye este efecto a la concentración del ácido acético utilizado en el recubrimiento comestible, debido a que las antocianinas que le proporcionan el color rojo característico a las fresas no se encuentran en estado libre en los



alimentos, pues su presencia es indicio de una posible hidrólisis química o enzimática del enlace glucosídico del pigmento; esta reacción no necesariamente causa la pérdida de color, pero la aglucona se vuelve más sensible a muchos factores externos, e incluso puede precipitar por cambios bruscos en el pH del alimento en ambos casos el color se ve fuertemente afectado después de algún tiempo (Badui, 1994).

En contraste con los resultados de este trabajo, Diab *et al.* (2001) reportaron un efecto significativo en la retención del color de fresas (*cv.* Chandler) recubiertas con un recubrimiento a base de polulano y sorbitol durante 4 días de almacenamiento a 20°C. Del mismo modo, al aplicar un recubrimiento comestible a base de proteína de leche en cerezas, se encontró un efecto significativamente benéfico en las propiedades sensoriales de éstas, por lo que después de 60 días de almacenamiento a 4°C y 85 % HR el color no presentó alteraciones ya que se conservaron los parámetros de luminosidad, tono (hue) y croma con respecto a las cerezas sin recubrimiento (Certel *et al.*, 2004). Este contraste en los resultados obtenidos utilizando recubrimientos a base de polisacáridos y proteínas, muestran la complejidad en el efecto del recubrimiento y a pesar de no contar con otros trabajos específicos en gelatina nos da una idea de cómo una modificación en la atmósfera que rodea al fruto puede ocasionar cambios importantes en sus características físicas y bioquímicas.

5.4.6 Pérdida de peso durante el almacenamiento.

El principal componente de las frutas frescas (más del 70% del peso fresco), es el agua, el singular disolvente universal fundamental para todos los procesos vitales, los frutos tienen una gran tendencia a perder esta cantidad de agua mediante el fenómeno conocido como transpiración. Cuanto mayor sea la diferencia de presión de vapor (Humedad Relativa) entre el producto hortofrutícola y su entorno, mayor será esta pérdida de agua. En términos generales, se estima que la pérdida de alrededor de un 5% del peso fresco por transpiración hace que el producto hortofrutícola sea no apto para el mercado (Sanz, 2003). Una pérdida de agua representa, además de una pérdida de masa y una reducción del tamaño del fruto, una pérdida de calidad cuando alcanza un nivel tal que el metabolismo se modifica provocando una aceleración del proceso de alteración del fruto (Letang, 1997).



La pérdida de agua límite, que se caracteriza por un marchitamiento irreversible es relativamente pequeño del orden del 4 al 6% del peso inicial, esta pérdida puede llegarse fácilmente después de la recolección. El rápido deterioro comercial de la fresa viene determinado tanto por el consumo de sus propias reservas nutritivas como por la pérdida de agua por transpiración. En el caso de las fresas, éste fenómeno es particularmente importante debido a la falta de una adecuada barrera exterior que retenga el agua, de forma que pérdidas de peso de alrededor del 3% son suficientes para que el fruto pierda su brillo característico y adquiera un aspecto arrugado, despreciándose así su valorada apariencia exterior (Sanz, 2003).

En la figura 33 se muestra que en los primeros dos días de almacenamiento, el efecto de la aplicación del recubrimiento comestible presentó un efecto significativo ($P \leq 0.05$) entre el control y el tratamiento al 2% de gelatina con tiempo de inmersión de 1 minuto, ya que el control registró un valor de pérdida de peso de 7%, mientras que el tratamiento mencionado registró una pérdida de peso de 9%, en tanto que el resto de los tratamientos presentaron una pérdida de peso de 7 y 8% (Fig. 33 B y C). A lo largo del almacenamiento, la tendencia del porcentaje de pérdida de peso mostró un incremento para todos los frutos con recubrimiento y sin recubrimiento. No se encontró diferencia significativa entre el control y los tratamientos desde el tercer día de almacenamiento hasta el final de éste; tampoco influyeron los tiempos de inmersión entre cada tratamiento ni la concentración de gelatina, destacando que el tratamiento más efectivo fue el de 1% de gelatina con tiempo de inmersión de 5 minutos ya que éste presentó menor pérdida de peso, lo que repercute en pérdidas económicas en la comercialización de las fresas.

Se sugiere que la efectividad del recubrimiento comestible no fue muy pronunciada para reducir las pérdidas de peso debidas a la transpiración de los frutos ya que las concentraciones de gelatina no tuvieron el efecto esperado por influencia de la concentración del ácido acético en la formulación del recubrimiento, pues éste pudo haber penetrado degradando la pared celular de las fresas recubiertas facilitando la transferencia de gases y vapor de agua ya que un fruto provisto de un recubrimiento comestible pierde agua más lentamente que los que carecen de esta protección, especialmente en frutos que se marchitan muy de prisa y van perdiendo atractivo para el consumidor, durante el almacenamiento y la comercialización.

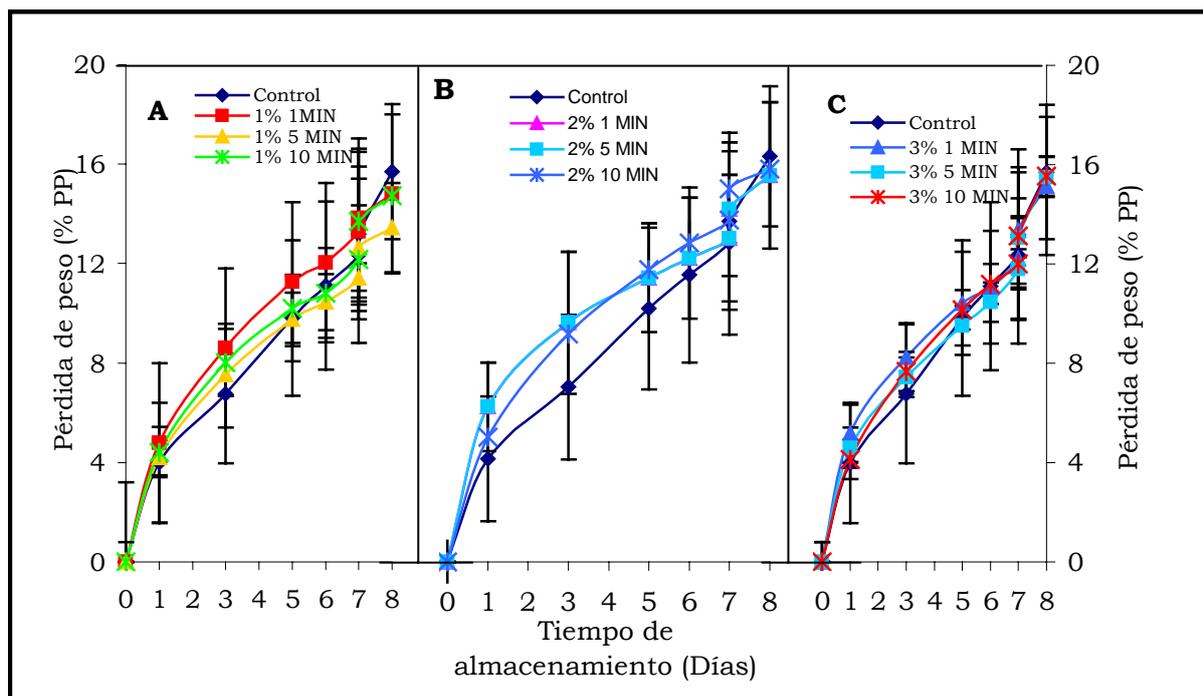


Figura 33 Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la pérdida de peso de fresas conservadas a granel y almacenada a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

El recubrimiento reduce las pérdidas de agua y por lo tanto, la velocidad de marchitamiento en los frutos, mejorando el aspecto para su venta. Además, la velocidad a que pierden agua, puede reducirse en 30-50% en condiciones industriales (Wills *et al.*, 1999). Aunado a este factor, se atribuye a estas pérdidas un efecto por las condiciones de almacenamiento a granel, pues el tipo de material del envase no ofreció una barrera contra el desprendimiento e intercambio de gases con la atmósfera externa permitiendo mayor degradación a las fresas con recubrimiento.

Otro factor importante para reducir las pérdidas de peso es la temperatura de almacenamiento, la cuál varía de acuerdo al producto y oscila entre 5 y 10°C, evitando siempre la temperatura de congelación y así no dañar la integridad celular que se refleja como áreas necróticas visibles a simple vista. En tanto que los productos no climatéricos, al descender la temperatura disminuye el ritmo de deterioro (es decir, la calidad alta se mantiene más tiempo y aumenta la vida útil).

En el caso de las fresas tratadas, el efecto de la temperatura de almacenamiento se vió reducido por los factores anteriormente mencionados.



Story (1997) sugiere que otro parámetro que reduce las pérdidas de agua es la humedad relativa, ya que es necesario minimizar el déficit de presión de vapor de agua. La humedad de la atmósfera del almacén deberá mantenerse a un nivel que produzca una presión de vapor similar a la presión de vapor existente al interior del producto. Por lo general, esto se consigue con altos valores de humedad relativa de 85 a 99% para productos con tejidos succulentos y 60 a 70% para productos con bajos contenidos de agua.

Al bajar la temperatura, se reduce la máxima cantidad de agua que un volumen de aire puede almacenar. En consecuencia, el déficit de presión de agua entre un producto almacenado y su entorno se reducirá a una determinada humedad relativa, reduciéndose las pérdidas de agua (Wade, 1994).

En trabajos con otros frutos se reportó que la vida útil postcosecha del tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Var.coloso) recubiertos con una película de suero de leche y monoestearato de glicerilo acetilado se comparó con frutos mantenidos en iguales condiciones (15°C y 90 %HR) sin recubrimiento. El 65% de los tomates recubiertos permanecieron con calidad comercial hasta el último día de almacenamiento y el 100% de los frutos no recubiertos debieron ser descartados. Se sugirió que la menor pérdida de humedad tiene al menos dos consecuencias importantes: el fruto mantiene su valor comercial ya que pierde menos peso y se retrasa la maduración a través de la inhibición de la enzima s-adenosilmetionina sintetasa, cuya acción es promovida por déficit hídrico en el fruto y es considerada el paso limitante en la generación de etileno (Hobson y Grierson, 1993). A pesar de tratarse de un recubrimiento a base de suero lácteo, este trabajo nos indica que un recubrimiento deberá ayudar a controlar la pérdida de peso en el fruto al cuál se aplica.

5.4.7 Pérdida de Diámetro.

Tras la recolección, la transpiración continúa, aunque halla cesado el suministro de agua y puede deshidratar pronto los tejidos, dado que el potencial de agua del aire caliente y relativamente seco, es menor que en el de los tejidos. Inicialmente, habrá una disminución de volumen y en consecuencia, marchitamiento cuando la



presión de turgencia descienda hasta un valor cero. Sin embargo, el marchitamiento puede no evidenciarse en todos los tejidos, especialmente en aquellos que tienen un buen soporte mecánico, debido a la posesión de paredes celulares gruesas o tejidos vasculares (Wills *et al.*, 1999).

En la figura 34 se muestra que la aplicación del recubrimiento comestible a base gelatina no logró inhibir las pérdidas de diámetro que se generaron durante el almacenamiento por efecto de natural del proceso de maduración de los frutos, ya que el principal obstáculo presentado fue la concentración del ácido acético utilizado en esta formulación ya que influyó directamente con la estructura de las fresas tratadas provocando desórdenes en los tejidos elásticos restando integridad física y visual en los frutos con recubrimiento.

En el inicio del almacenamiento se observó una pérdida de diámetro para el control de 1.6%, siendo que las fresas tratadas mostraron un nivel menor con un porcentaje de pérdida de diámetro de 0.8% para las fresas recubiertas con gelatina al 1% en sus tiempos de inmersión de 5 y 10 minutos, por lo que para el tiempo de inmersión de 1 minuto, al igual que para todos los tratamientos con gelatina al 2%, se perdió 1.2% de diámetro, mientras que la mayor concentración de gelatina presentó mayor pérdida ya que se obtuvo un valor de 1.3% de pérdida de diámetro.

Se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el control y las fresas recubiertas al 1% de gelatina y de éstos a su vez con el resto de los tratamientos. La pérdida de diámetro incrementó gradualmente con el tiempo de almacenamiento para todos los frutos.

Al finalizar el almacenamiento, se observó un efecto significativo ($P \leq 0.05$) por la aplicación del recubrimiento comestible con respecto al control; sin embargo, se sugiere que la degradación en las paredes celulares de todos los frutos fue similar, de igual manera el almacenamiento a granel no constituyó una barrera a la estabilidad estructural de las fresas y por lo tanto hubo una mayor actividad fisiológica, es decir, el envasado debió ser invariablemente adecuado para evitar la



pérdida de agua y así mismo la pérdida de turgencia en las células de los frutos ya que el envase no le confirió a los frutos la resistencia adecuada a la pérdida de agua y debilitamiento de las células.

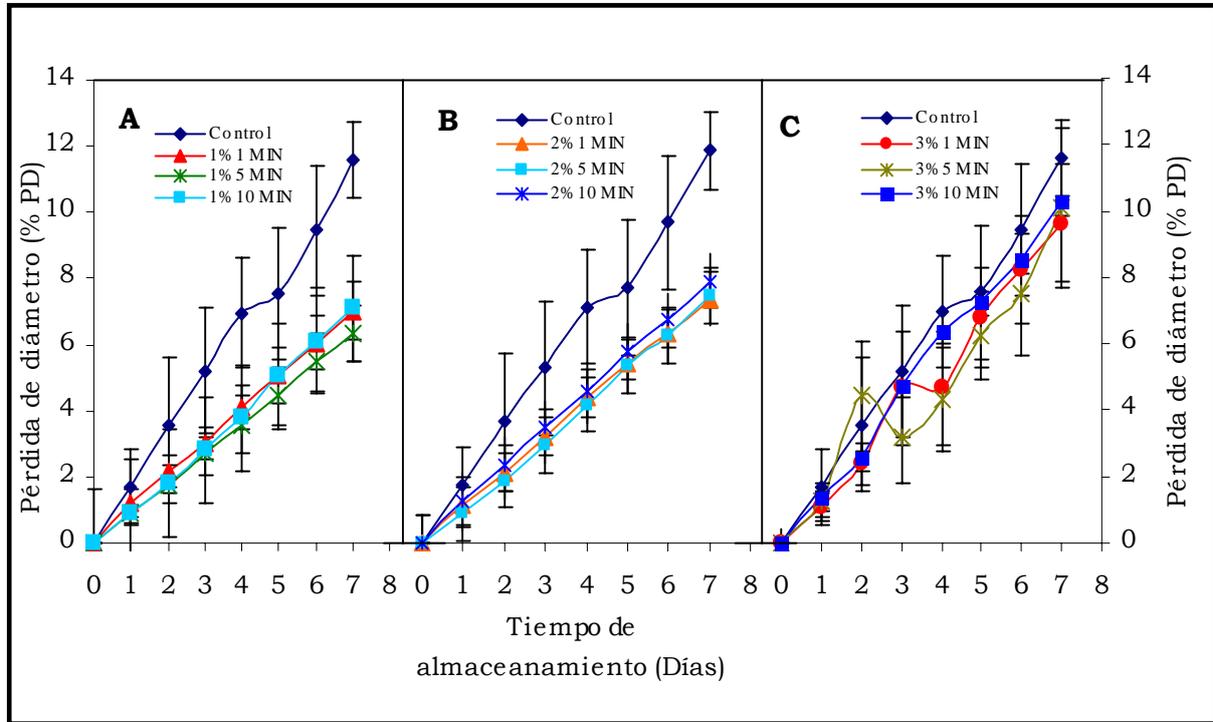


Figura 34 Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la pérdida de diámetro de fresa a granel y almacenada a 5°C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

Se puede inferir que al aplicar el recubrimiento comestible en una concentración de 1% de gelatina en un tiempo de inmersión de 5 minutos se logró reducir las pérdidas de diámetro en un 5% con respecto al control. Además, bajo estas condiciones se logró un ahorro de los componentes del recubrimiento comestible ya que se utiliza una menor cantidad de gelatina logrando un mejor efecto en la conservación de las fresas.

5.5 Efecto de la aplicación del recubrimiento comestible en los parámetros de calidad y fisiológicos en fresas conservadas en envases de PET y refrigeradas.

Las fresas fueron seleccionadas para obtener lotes homogéneos y se aplicó el recubrimiento comestible a base de gelatina al igual que en el apartado 5.4, sin



embargo la conservación se realizó utilizando envases de PET y fueron almacenadas a 5°C y 85% HR durante 7 días, a lo largo de este período se evaluó el efecto de la aplicación del recubrimiento en los parámetros de calidad que a continuación se describen.

5.5.1 Cambios en la acidez.

En general, en la mayoría de las frutas el contenido de ácidos decrece durante el almacenamiento (Woodroof, 1995). La naturaleza de ácidos orgánicos en la fresa indica que los principales ácidos que intervienen en su composición química son el cítrico, málico, tartárico, salicílico y péctico (Halevy, 1999). Son éstos los componentes que confieren el sabor a las fresas; se sugiere que un aumento en los sólidos solubles durante el proceso de maduración influirá directamente en la disminución de la acidez de los frutos por su función como sustratos en la actividad respiratoria (Seymour *et al.*, 1993).

Como se observa en la figura 35, la aplicación del recubrimiento comestible incrementó el porcentaje de acidez en las fresas tratadas con respecto al grupo control, el cuál al inicio del almacenamiento presentó un porcentaje de acidez de 0.97% de ácido cítrico, hubo un incremento para las fresas con el tratamiento de 1% de gelatina ya que se encontraron valores de 1.09% ácido cítrico para los tres tiempos de inmersión (Fig. 35 A). Al 2% de gelatina no hubo gran variación con respecto al tratamiento anterior ya que se obtuvo un valor de 1.10% de ácido cítrico sin diferencia por el tiempo de inmersión (Fig. 35 B). Para el caso de los frutos con 3% de gelatina se obtuvieron valores de 1.10, 1.11 y 1.13 % de ácido cítrico para los tiempos de inmersión 1, 5 y 10 minutos, respectivamente (Fig. 35 C).

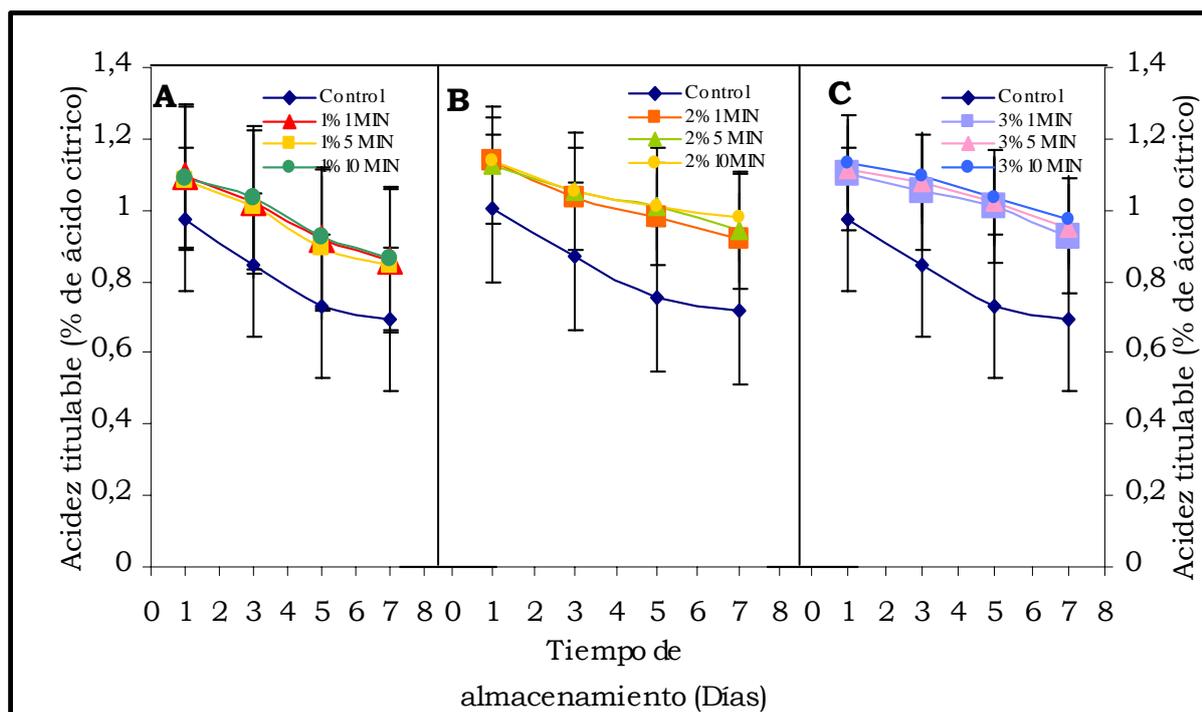


Figura 35. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en la acidez de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85% HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales

La tendencia durante el almacenamiento indicó la reducción del porcentaje de acidez como respuesta normal al proceso de maduración que siguen los frutos; sin embargo al final del almacenamiento las fresas tratadas presentaron mayor porcentaje de acidez con respecto al control. Esto sugiere que la concentración de ácido acético utilizado en la formulación del recubrimiento comestible aplicado sigue ejerciendo un marcado efecto sobre este parámetro. Se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos con respecto al grupo control, en contraste con el inicio del almacenamiento cuyos valores encontrados no presentaron diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre la acidez de los frutos con tratamiento pero sí de éstos con respecto a las fresas sin tratamiento.

El Ghaouth *et al.* (1991) encontraron que el recubrimiento comestible a base de quitosán tuvo un efecto benéfico sobre la acidez titulable en fresas almacenadas a 4°C. Los recubrimientos con quitosán al 1 y 1.5%, después de 31 días proporcionaron mayor firmeza y mayor acidez titulable que el control. El incremento de la concentración del quitosán no tuvo efecto en la retención e



incremento de la firmeza o en la modificación de la acidez titulable. Estos resultados son similares a los encontrados en el presente trabajo con fresas a pesar de tratarse de un recubrimiento de diferente naturaleza química.

5.5.2 Cambios en los sólidos solubles.

La figura 36 muestra los cambios en los sólidos solubles de las fresas con recubrimiento comestible y almacenadas en envases de PET. Desde el inicio del almacenamiento, se encontró un efecto significativo ($P \leq 0.05$) en los sólidos solubles ya que el control (fresas sin recubrimiento) registró un valor de 6.5 °Brix, mientras que en las fresas con recubrimiento los sólidos solubles se encontraron en 5°Brix para la concentración de gelatina al 1% (Fig. 36A) en los tres tiempos de inmersión; 5.3 °Brix para la concentración de gelatina al 2% (Fig. 36B) sin tener variaciones en los tiempos de inmersión y 5.1° Brix para la concentración de gelatina al 3% (Fig. 36C) sin efecto alguno por el tiempo de inmersión.

Al final del almacenamiento se observó un aumento en los sólidos solubles tanto en el control como en las fresas con recubrimiento comestible, registrando valores de 7.2°Brix para el control, en tanto que las fresas tratadas (Fig. 36A) aumentaron hasta 6°Brix para los tiempos de inmersión de 1 y 5 minutos, ya que para 10 minutos fueron de 5.7°Brix. Al 2% de gelatina (figura 36B), el comportamiento fue similar ya que se alcanzó un máximo de 5.8 °Brix para los tiempos de inmersión de 1 y 10 minutos, y para 5 minutos se alcanzaron 5.7 °Brix al final del almacenamiento. Al 3% de gelatina (figura 36C) se obtuvieron valores de 5.8, 5.6 y 5.5 °Brix para los tiempos de inmersión de 1, 5 y 10 minutos, respectivamente. De este modo, se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los sólidos solubles de las fresas tratadas con respecto al control al finalizar el almacenamiento; sin embargo para cada tratamiento no se encontró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre los tiempos de inmersión.

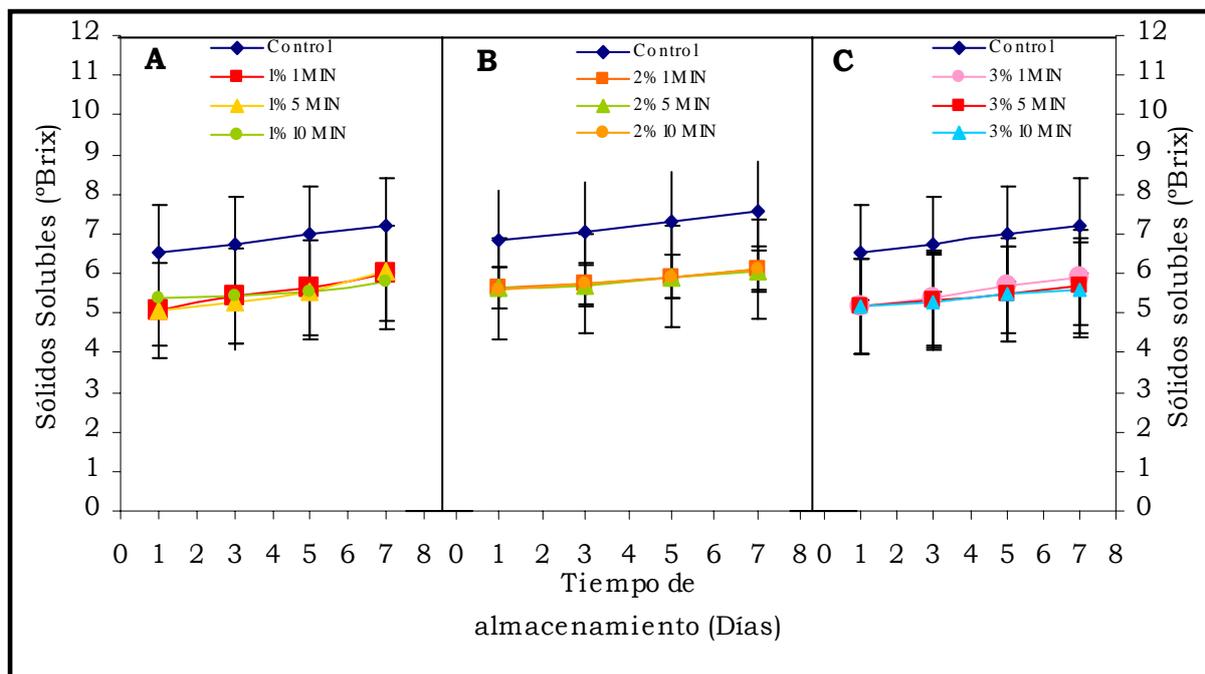


Figura 36. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en el contenido de sólidos solubles de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85% HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

En base a lo anterior, se sugiere que la modificación de los sólidos solubles en las fresas con recubrimiento se debió a un efecto del cambio de la atmósfera que rodea al fruto ya que existe una interacción entre el recubrimiento comestible con la estructura y metabolismo de las fresas. De tal manera, que el contenido de azúcares se ve disminuido al retrasar la senescencia del fruto. Leyel *et al.* (1993) reconocen que los azúcares ya sean libres o combinados con otros constituyentes son de importancia para que se alcance un sabor agradable del fruto, mediante un equilibrio en la proporción ácido- azúcar y que a medida que el fruto madura, los azúcares van en aumento como efecto de la pérdida de ácidos orgánicos. El cambio que mostraron los sólidos solubles de las fresas con recubrimiento comestible contrasta con los obtenidos por otros autores, ya que al aplicar un recubrimiento comestible compuesto de ésteres de sacarosa, carboximetilcelulosa de sodio y ácidos grasos en fresas almacenadas en refrigeración, se demostró su efectividad mediante el aumento del contenido de sólidos solubles al final del almacenamiento (Venegas *et al.*, 2002).



5.5.3 Cambios en el pH

Al aplicar el recubrimiento comestible en las fresas con una disminución de la concentración de ácido acético hasta el 3%, se obtuvieron valores de pH en los tratamientos que muestran un efecto al reducir el pH de los frutos.

Como se muestra en la figura 37, hubo un efecto significativo ($P \leq 0.05$) en la reducción del pH por efecto de la aplicación de los tratamientos ya que el antimicrobiano utilizado en la formulación del recubrimiento continuó reduciendo este parámetro desde el inicio del almacenamiento como sigue:

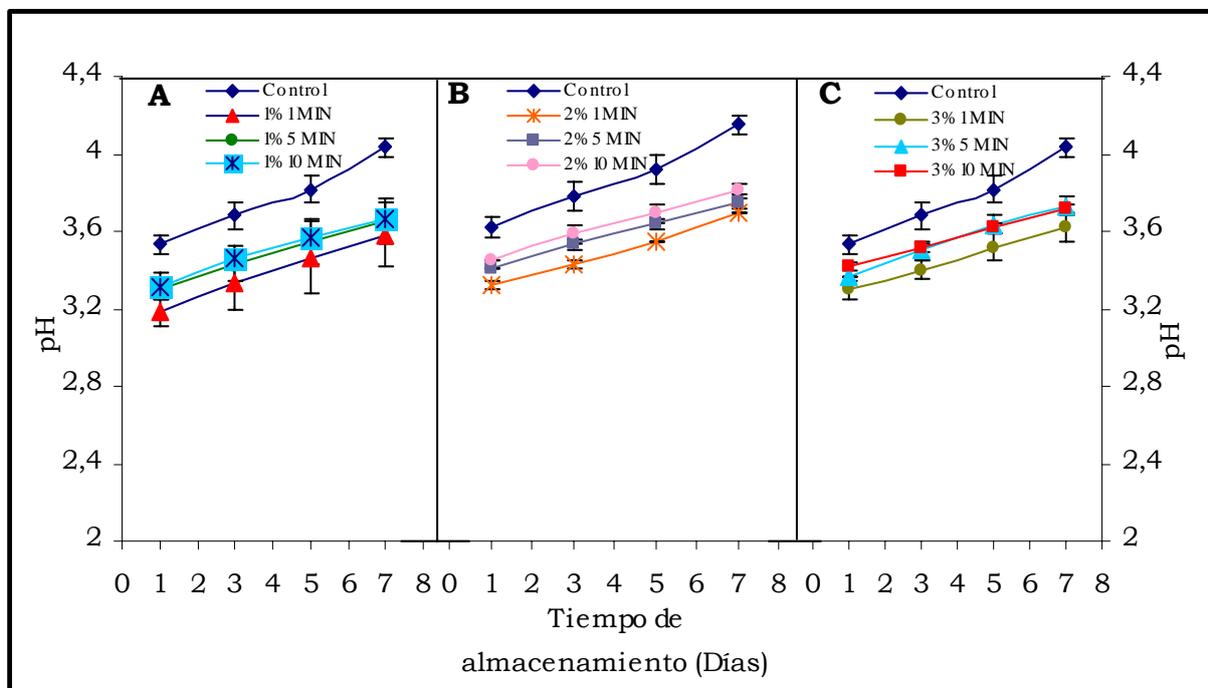


Figura 37 Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en el pH de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5° C y 85% HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

Al inicio del almacenamiento las fresas tratadas con gelatina al 1% registraron valores de pH de 3.1 para el tiempo de inmersión de 1 minuto, mientras que para las fresas sin recubrir el pH obtenido fue de 3.5; se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre éstos con el resto de los tratamientos.

Durante el almacenamiento los valores de pH en todos los frutos aumentaron encontrándose diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos con el



grupo control pues éste último registró un pH de 4, en tanto para el resto de los tratamientos se registraron valores de pH de 3.5, 3.6 y 3.7 conforme aumentó la concentración de gelatina sin influir el tiempo de inmersión.

Esto indica que incrementó la susceptibilidad al ataque microbiano para las fresas sin tratamiento debido a que los valores de pH fueron mayores que los frutos tratados almacenados en refrigeración, pues el crecimiento de bacterias se facilita con valores de pH básicos cercanos a la neutralidad.

En otros trabajos en diferentes frutas y aplicando recubrimientos se ha encontrado que el pH fue menor en mangos recubiertos con quitosán que en mangos sin recubrimiento (Cruz y Pérez, 1998) coincidiendo con lo obtenido en el presente estudio.

5.5.4 Cambios en la firmeza.

La textura depende en gran parte a las pectinas que contienen los frutos, ya que la protopectina es el precursor insoluble de las sustancias pécticas y se trata de un macropolímero ligado por enlaces cruzados a otras cadenas poliméricas, a través de puentes de calcio, a otros azúcares y derivados fosforilados de los mismos, dando así origen a polímeros de enorme tamaño. Durante la maduración de los frutos, la protopectina va gradualmente degradándose a fracciones de peso molecular más bajas y más solubles en agua. La velocidad de degradación de las sustancias pécticas está directamente correlacionada con el ablandamiento de los frutos atribuyéndosele principalmente a la actividad enzimática de la Pectinesterasa y poligalacturonasa (Kertesz, 1991).

En la figura 38 se redujo la pérdida de firmeza debido a la disminución del ácido acético en la formulación del recubrimiento comestible; sin embargo, no se logró inhibir la pérdida de la firmeza debido a las pérdidas de turgencia que presentaron los frutos por efecto de su proceso de maduración, ya que éstas fueron más pronunciadas para las fresas control, es decir, sin recubrimiento, pues para el 3er día de almacenamiento presentaron una pérdida de firmeza del 19%, en tanto que para las fresas con recubrimiento comestible al 1% de gelatina



(figura 38A) se observó una pérdida de firmeza de 11, 14 y 9% para los tiempos de inmersión de 1, 5 y 10 minutos, respectivamente. La figura 38(B) muestra cambios importantes en las pérdidas de firmeza para las fresas con recubrimiento a base de gelatina al 2%, ya que éstas registraron valores de 8% para 1 y 5 minutos de inmersión, en tanto que para el tiempo de inmersión de 10 minutos la pérdida fue de 10%. Al recubrir las fresas con gelatina al 3% la pérdida de firmeza registrada fue de 7% para los tiempos de inmersión de 1 y 10 minutos, mientras que para el tiempo de inmersión de 5 minutos se obtuvo una pérdida de firmeza de 9% (Fig. 38C).

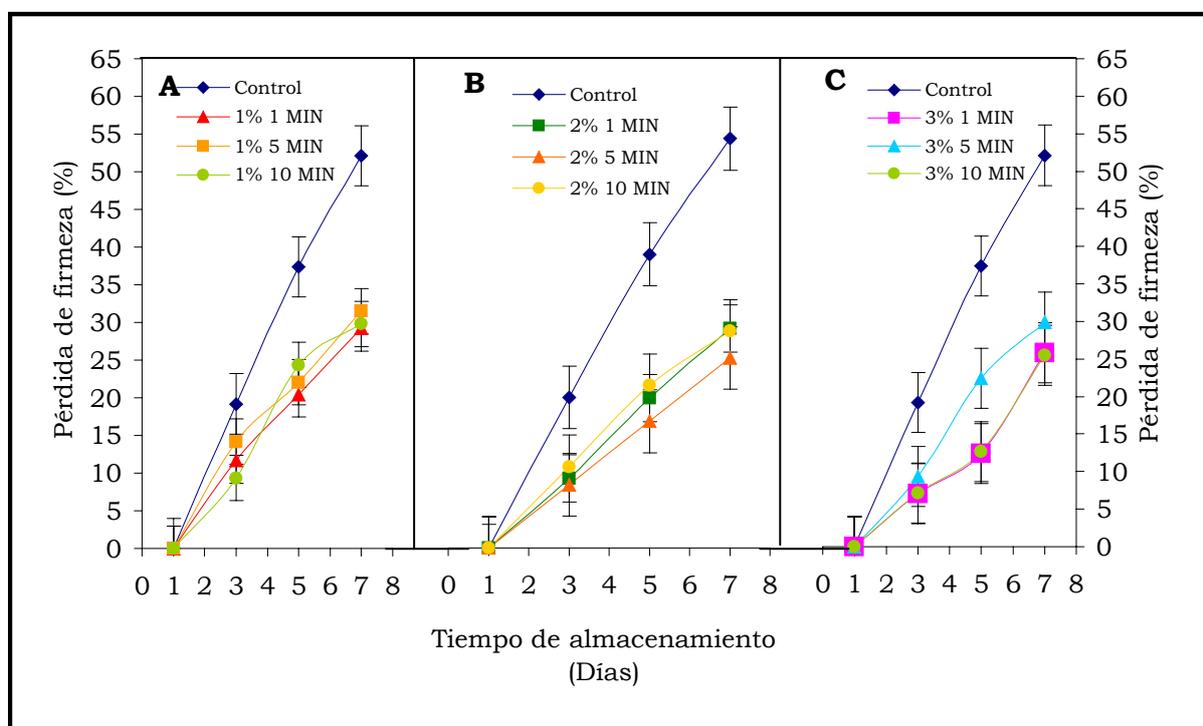


Figura 38 Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en la pérdida de firmeza de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5° C y 85% HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

Las pérdidas de firmeza mostraron una tendencia hacia el aumento conforme transcurría el tiempo de almacenamiento tanto para las fresas sin recubrimiento como para las fresas con recubrimiento. Las pérdidas registradas para las fresas sin recubrimiento aumentaron hasta un valor de 52%, por lo que cabe señalar que estas fresas no fueron aptas para su consumo al finalizar el tiempo de almacenamiento (7 días).



Para las fresas recubiertas al 1% de gelatina, la pérdida de firmeza fue menor con respecto a las fresas sin recubrimiento, ya que registraron un valor de 29 y 31% entre los diferentes tiempos de inmersión; en cuanto al 2% de gelatina, se observaron pérdidas de firmeza en 24 a 27% para las diferentes condiciones de aplicación. En tanto, que al aplicar el recubrimiento comestible al 3% de gelatina, su pérdida de firmeza fue del 25 al 29%, por lo que se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos con respecto al control y entre las diferentes concentraciones del recubrimiento y tiempo de inmersión desde el inicio hasta el final del almacenamiento.

5.5.5 Cambios en los parámetros de color.

Los carotenoides son los pigmentos liposolubles rojos, naranjas y amarillos de frutas, incluyendo carotenos y xantofilas. Son muy sensibles a la oxidación por el oxígeno del aire, reacción catalizada por la luz, lipoxidasas y peróxidos lipídicos; por lo que la oxidación puede dar lugar a sabores extraños y pérdida de color en alimentos con carotenoides causando que los colores se aclaren y formándose productos no satisfactorios. Las antocianinas pertenecen a un tipo de compuestos, conocidos como flavonoides, que proporcionan colores rojos, púrpuras y azules a los frutos.

Las antocianinas son solubles en agua y se pierden con facilidad a la aplicación de calor; también son sensibles a los cambios de acidez, que los hacen cambiar de color (Addy, 1996).

En la figura 39 se observan los cambios en la luminosidad de las fresas con recubrimiento comestible y de las fresas sin recubrimiento, presentando una disminución a lo largo del almacenamiento, ya que al inicio del almacenamiento se registraron valores de $L = 30$ para las fresas recubiertas con gelatina al 2% y 5 minutos de inmersión, el resto de los tratamientos presentaron un valor de $L = 31$ a $L = 32$, excepto el control ya que éste registró un valor de $L = 36$, esto indicó que la aplicación del recubrimiento no incrementó la luminosidad en las fresas, ya que las fresas sin tratamiento presentaron mayor luminosidad que las fresas con recubrimiento encontrándose diferencia significativamente ($P \leq 0.05$).



Durante el almacenamiento, se mostró el mismo comportamiento que al inicio ya que las fresas sin recubrimiento presentaron una mayor luminosidad que las fresas tratadas pero siguiendo su tendencia a la disminución de este parámetro, por lo que el grupo control registró un valor de $L = 30$, mientras que el resto de los tratamientos presentaron valores desde $L = 27$ a $L = 29$, por lo que no se encontró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre el control y los tratamientos, únicamente se encontró diferencia significativa con respecto al tratamiento de 1% de gelatina 5 minutos de inmersión pues este registró un valor de $L = 26$.

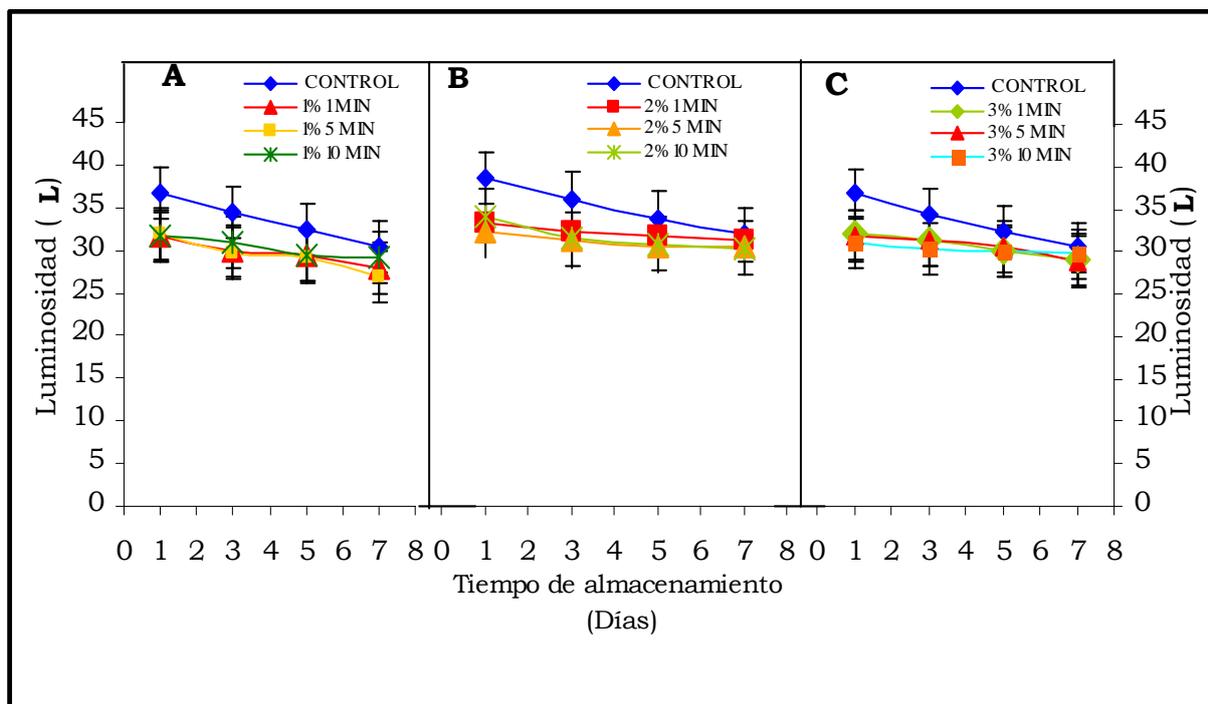


Figura 39 Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la Luminosidad de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

En la figura 40 se encontró un comportamiento característico de los frutos no climatéricos, ya que estos adquieren su color característico cuando maduran en la planta, una vez cosechados comienza la degradación de los pigmentos por efecto de la senescencia. Se puede observar en esta figura una disminución significativa en el tono de las fresas por la aplicación del recubrimiento, ya que el grupo control presentó un valor de Hue = 41, en la figura 40 (A) se obtuvieron valores de tono (Hue) de 35, 37 y 39 para los tiempos de inmersión de 1, 5 y 10 minutos, respectivamente. En la figura 40 (B) se muestran los valores del tono en las fresas con tratamiento al 2% obteniéndose valores de Hue = 36, 37 y 38 conforme fue



aumentando el tiempo de inmersión. Para los tratamientos al 3% hubo una variación en el tono de Hue = 34, 36 y 40 para los respectivos tiempos de inmersión.

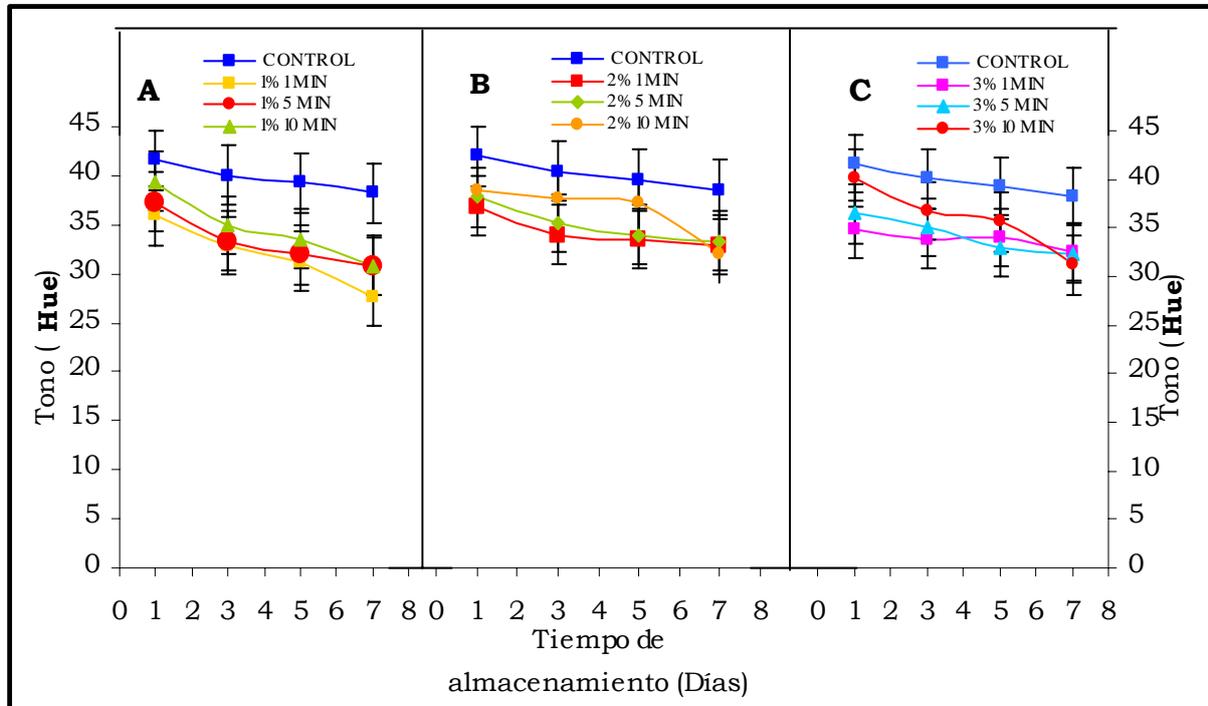


Figura 40. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en el Tono de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

Una vez terminado el período de almacenamiento el valor del tono de los frutos control disminuyó de tal manera que el valor encontrado fue Hue = 38, mientras que para el 1% en sus tiempos de inmersión se registraron valores de Hue = 27 a 30, en lo que respecta al tratamiento de gelatina al 2% el tono disminuyó a Hue = 32, 33 y 31 para cada tiempo de inmersión. Finalmente, para el caso del 3% de gelatina el tono también presentó una disminución con valores de 32 para los tiempos de 1 y 5 minutos, en tanto que para 10 minutos de inmersión se encontró un valor de 31. Por lo que, cabe destacar que sí hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por la aplicación de los tratamientos durante todo el período de almacenamiento.

La intensidad del color indicada por croma fue evaluada para las fresas con recubrimiento comestible así como para las fresas del grupo control, mostrando



una disminución a lo largo del almacenamiento, ya que al inicio el control presentó un valor de croma de 42, la aplicación redujo este parámetro para todos los tratamientos pues como lo indica la figura 41 (A) la intensidad del color disminuyó a valores de 34-35 para los tiempos de inmersión de 1 y 5 minutos y 37 para el tiempo de 10 minutos, al igual que para el tratamiento de gelatina al 2% en 1 y 5 minutos de inmersión, el tiempo restante para este tratamiento mostró un valor de 38 (figura 41 B).

Para la concentración de gelatina al 3% los valores de croma registrados fueron de 39 para el tiempo de inmersión de 1 minuto, mientras que para 5 y 10 minutos fue de 40. Se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por los tratamientos, así hubo mayor intensidad del color en las fresas sin recubrimiento comestible.

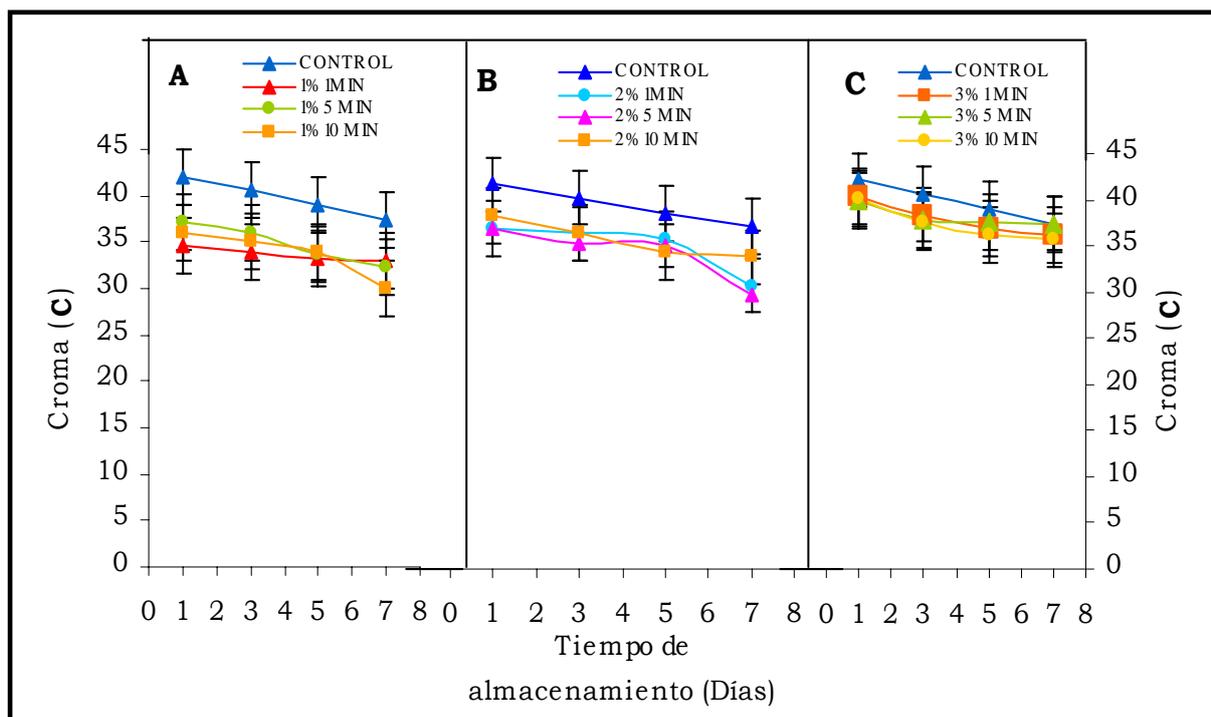


Figura 41. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en el Croma de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

Durante el almacenamiento, se mantuvo este comportamiento para las fresas tratadas con respecto al croma de las fresas sin recubrimiento comestible. Al finalizar el período de almacenamiento, el control mostró una disminución de croma registrando un valor de 37, los tratamientos también disminuyeron el croma



de las fresas, se registraron valores de 29 a 37 en las diferentes concentraciones de gelatina y los diferentes tiempos de inmersión, sin embargo no se encontró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre el croma de las fresas con recubrimiento y sin recubrimiento. Esto indica que en la degradación del croma no influyó el recubrimiento comestible al finalizar el período de almacenamiento, por lo que el recubrimiento comestible no confirió un efecto benéfico en la retención de este parámetro.

Estos cambios en el color también están asociados con los cambios en el aroma y en la firmeza al tacto, dado por los cambios estructurales tales como los cambios en el grosor de la pared celular, de permeabilidad y la cantidad de espacios intercelulares que contribuyen al ablandamiento de los tejidos (Laguado *et al.*, 1999).

Los resultados obtenidos en este trabajo al recubrir fresas con gelatina, coinciden con los reportados por Domínguez *et al.* (2003) que indicaron que no hubo diferencia significativa en la retención del color al recubrir limones al aplicar otro tipo de recubrimiento a base de goma de mezquite, candelilla, aceite mineral y emulsificante luego de un período de almacenamiento de 18 días a 3 diferentes condiciones de temperatura: 4, 7 y 10 °C. Al final del almacenamiento siendo indicativo de la pérdida de calidad bajo estas condiciones, es importante mencionar que al evaluar el efecto combinado de la temperatura y el uso del recubrimiento sobre la conservación del color en limón mexicano, se observó que debido a que la temperatura es el único factor que tuvo mayor influencia sobre este parámetro, no existió una combinación óptima entre el recubrimiento y temperatura.

5.5.6 Pérdida de peso.

En la figura 42, se muestra que el porcentaje de pérdida de peso incrementó durante el almacenamiento para todos los frutos, tanto con recubrimiento como sin recubrimiento. El recubrimiento no modificó esta tendencia ya que al inicio del almacenamiento, el efecto del recubrimiento comestible no tuvo diferencia significativa con respecto al control ($P \geq 0.05$) ya que los valores de pérdida de peso oscilaron en 1.6% para el tratamiento de 1% de gelatina con tiempo de



inmersión de 1 minuto; 2% de pérdida de peso para el resto de los tiempos de inmersión y los tratamientos de 2% de gelatina en todos sus tiempos de inmersión, así como para el 3% de gelatina con un tiempo de inmersión de 10 minutos, para el resto de los tratamientos se registró un ligero incremento ya que perdieron 3% de su peso inicial. Este comportamiento se mantuvo durante el almacenamiento hasta el cuarto día; sin embargo al quinto día de almacenamiento se observó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos y estos a su vez con el control presentando una pérdida de 7 % para los frutos sin recubrimiento, mientras que a mayor concentración de gelatina aumentó la pérdida de peso.

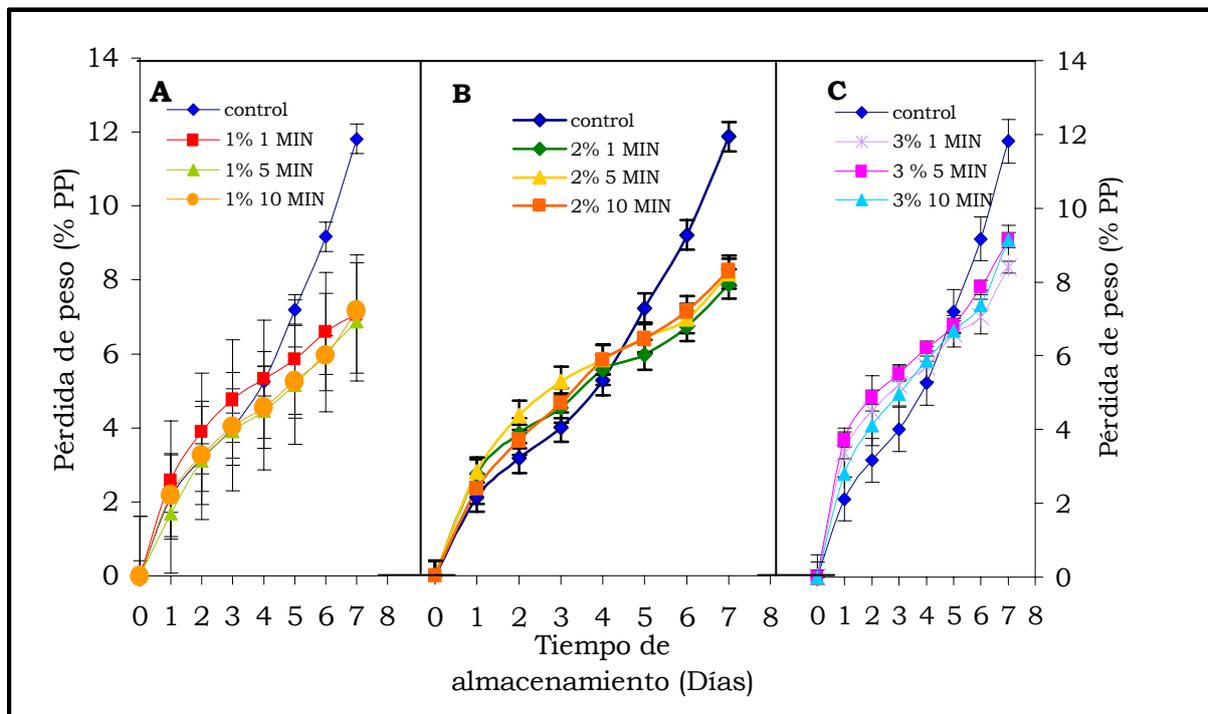


Figura 42. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la pérdida de peso de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

Para el séptimo día de almacenamiento se continuó con la misma tendencia, ya que hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos y estos a su vez con el control, registrándose un valor de 12 % de pérdida para los frutos sin recubrimiento, mientras que para 1% de gelatina presentó valores de 7% de pérdida de peso entre los diferentes tiempos de inmersión, al 2% de gelatina la pérdida ascendió a 8% sin influir el tiempo de inmersión, y para el 3% de gelatina hubo un incremento hasta 9% de pérdida registrando un incremento progresivo



con el tiempo de inmersión, aunque no fue significativo con respecto al tiempo de inmersión ($P \geq 0.05$) para este tratamiento.

De acuerdo a los resultados, se infiere un efecto continuo por la concentración de ácido acético que continua provocando desórdenes en los tejidos de la fresa facilitando la transpiración de los frutos; sin embargo con la utilización de envases de PET con perforaciones se disminuyeron las diferencias de la presión de vapor de agua entre la atmósfera y la superficie del fruto, ya que el almacenamiento por lotes fue un factor determinante para disminuir las pérdidas de agua.

La respiración es un proceso fisiológico que también provoca pérdidas de peso, ya que el agua, así como los átomos de carbono en forma de bióxido de carbono se obtienen como subproductos de este proceso metabólico (Krochta y Mulder-Jonson, 1997).

Certel *et al.* (2004) reportaron que el recubrimiento de cerezas con proteínas de leche y almacenamiento a 4°C y 80- 85% H.R. mostró efecto significativo en la reducción en la pérdida de peso con respecto a las cerezas con recubrimiento ya que se redujo este parámetro hasta un 10%. Este efecto fue similar al encontrado en este trabajo, pues al recubrir las fresas con gelatina se logró la reducción de las pérdidas de peso con respecto a las fresas sin recubrimiento. De igual manera, estos resultados coinciden con los obtenidos en otros trabajos por Salvador *et al.* (2003) quienes sugieren que la pérdida de agua es una de las principales causas de deterioro en mandarina y que las pérdidas cuantitativas de peso producen pérdidas de apariencia y firmeza.

Al aplicar un recubrimiento a base de quitosán en mandarinas 'Fortune' redujo la pérdida de peso tras una semana de almacenamiento a 20°C, siendo mayor el efecto con la mayor concentración; sin embargo, tras dos semanas de almacenamiento no se observaron diferencias entre las concentraciones de quitosán estudiadas, ya que estas mostraron pérdidas similares al control.



5.5.7 Pérdida de diámetro.

La pérdida de agua, antes de evidenciarse el marchitamiento depende del nivel de hidratación inicial y de la elasticidad de las paredes de las células que forman el tejido. Las paredes celulares elásticas se estiran bajo el influjo de la presión de turgencia. Por tanto, las células elásticas pueden perder (proporcional) más agua y contraerse, en torno al protoplasto arrugado, antes de alcanzar una presión de turgencia cero. Después, la deshidratación y desecación serán aparentes. La pérdida de agua acarrea el concomitante descenso del potencial osmótico (Thompson, 2003).

En la figura 43 se muestra la pérdida de diámetro a lo largo del almacenamiento de fresas con recubrimiento. Las pérdidas de diámetro obtenidas fueron menores que en las fresas almacenadas a granel ya que se redujo la concentración del ácido acético en la formulación del recubrimiento comestible hasta un 3%, sin embargo éstas mostraron un incremento normal en respuesta al proceso de maduración a lo largo del almacenamiento en refrigeración. Además, se observó una mejora por el material del envase para las fresas y el tipo de envasado que se realizó por lotes ya que éste ofreció una barrera protectora a las migraciones de agua que pudieran condensarse sobre la superficie de las fresas. Mientras el control, registró una pérdida de diámetro de 2.1%, el resto de los tratamientos registraron pérdidas menores al 1%, por lo que no se observó diferencia significativa entre éstos ($P \geq 0.05$) sin un efecto de la concentración de gelatina ni de los tiempos de inmersión; pero sí se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos y el control.

Sin embargo, en el último día de almacenamiento, se observó que el tratamiento de 1% por 5 minutos de tiempo de inmersión registró una pérdida de diámetro menor al resto de los tratamiento y al control, pues este presentó una pérdida de 12%, en tanto que para el resto de los tratamientos registraron pérdidas que oscilaron en 6%, esto indica que no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos, excepto con el primer tratamiento mencionado identificándose un efecto significativo ($P \leq 0.05$) de la aplicación del recubrimiento con respecto al grupo control.

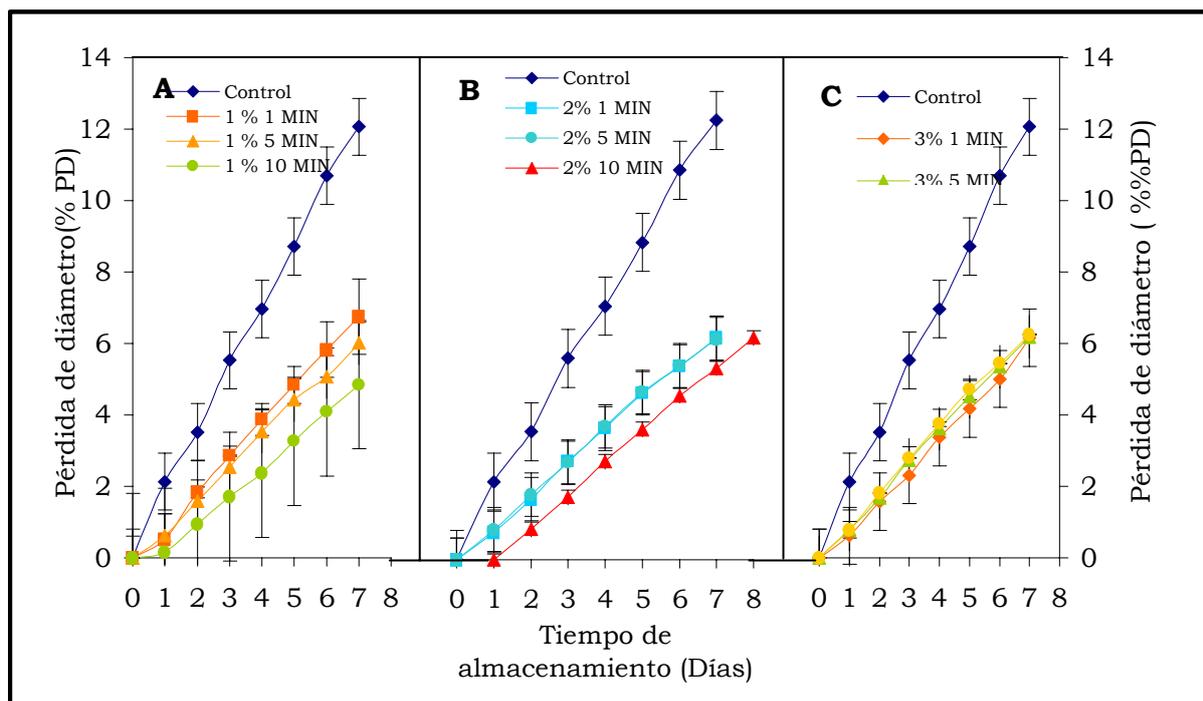


Figura 43. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la pérdida de diámetro de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

El objetivo de la aplicación del recubrimiento comestible es reducir los procesos metabólicos y la respiración de los frutos y, por lo tanto, prolongar su vida de almacenamiento sin alterar su normal metabolismo. Sin embargo, el inevitable final de todos los tejidos vivos es la senescencia y la muerte; la maduración de la fruta representa el comienzo de este proceso. La senescencia implica la desorganización progresiva de los procesos metabólicos de la célula. El mantenimiento de la integridad de las células y de su metabolismo requieren un suministro constante de energía procedente de la respiración (Guillou, 1998). Además, la pérdida de agua durante el almacenamiento puede afectar la pérdida de firmeza ya que el agua ayuda a mantener la estabilidad estructural y la integridad de los compartimientos de la célula (Díaz-Sobac *et al.*, 1997).

Se observó una pronunciada reducción en la pérdida de diámetro por la aplicación del recubrimiento comestible, principalmente por las propiedades que caracterizan al colágeno, no hubo un efecto negativo por la concentración de ácido acético empleado, además otros factores determinantes que contribuyeron a esta reducción fueron: el tipo de envase, la temperatura de almacenamiento y la humedad relativa ya que estos coadyuvaban a mantener un déficit de turgencia



moderado que prolongó un desorden en las células de las fresas tratadas lo que permitió mantener a las fresas durante un mayor tiempo de almacenamiento.

5.6. Parámetros Fisiológicos.

5.6.1 Cambios en la Respiración.

La respiración es el proceso metabólico más importante entre los implicados en el mantenimiento de la vida del producto hortofrutícola. Este consumo de las principales reservas nutritivas del fruto hacen que, en general, exista una relación inversa entre la tasa respiratoria de un producto hortofrutícola y su vida comercial útil (Martínez, 2005).

Las fresas son frutos clasificados como no climatéricos, dado que durante el proceso de desarrollo y maduración no presentan un incremento puntual en su tasa respiratoria. En el caso de la fresa nos encontramos ante un fruto muy perecedero debido a su alta velocidad con que transcurren los procesos metabólicos vitales como lo demuestra su alta tasa respiratoria (50-100 mg CO₂/Kg PF h a 20°C). La vida comercial útil para este fruto se establece de 5 a 7 días (Davies, 1998).

La figura 44 muestran los cambios en la respiración de las fresas recubiertas así como de las fresas sin recubrimiento. La respiración fue medida en base a la producción de CO₂, observándose un efecto benéfico en la reducción de la respiración hasta el final del almacenamiento de las fresas con recubrimiento.

En el primer día de almacenamiento, no se encontró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en la respiración de las fresas, ya que para todos los tratamientos al igual que para las fresas sin tratamiento, la respiración tuvo un valor de 33 mg CO₂/Kg PF h, debido posiblemente al tiempo en que tardaron las fresas en adaptarse a la atmósfera modificada por la aplicación del recubrimiento comestible. Sin embargo, a partir del tercer día de almacenamiento, la respiración registrada para las fresas con recubrimiento presentó una disminución con valores de 21 a 27 mg CO₂ / Kg PF h, mientras que la respiración en el control se



presentó en un valor de 30 mg CO₂ / Kg PF h; por lo que se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por efecto de los tratamientos. Esta disminución produjo al cuarto día de almacenamiento valores de 17 a 20 mg CO₂/Kg PF h para los tratamientos, en tanto que para el grupo control la respiración fue de 29 mg CO₂/Kg PF h.

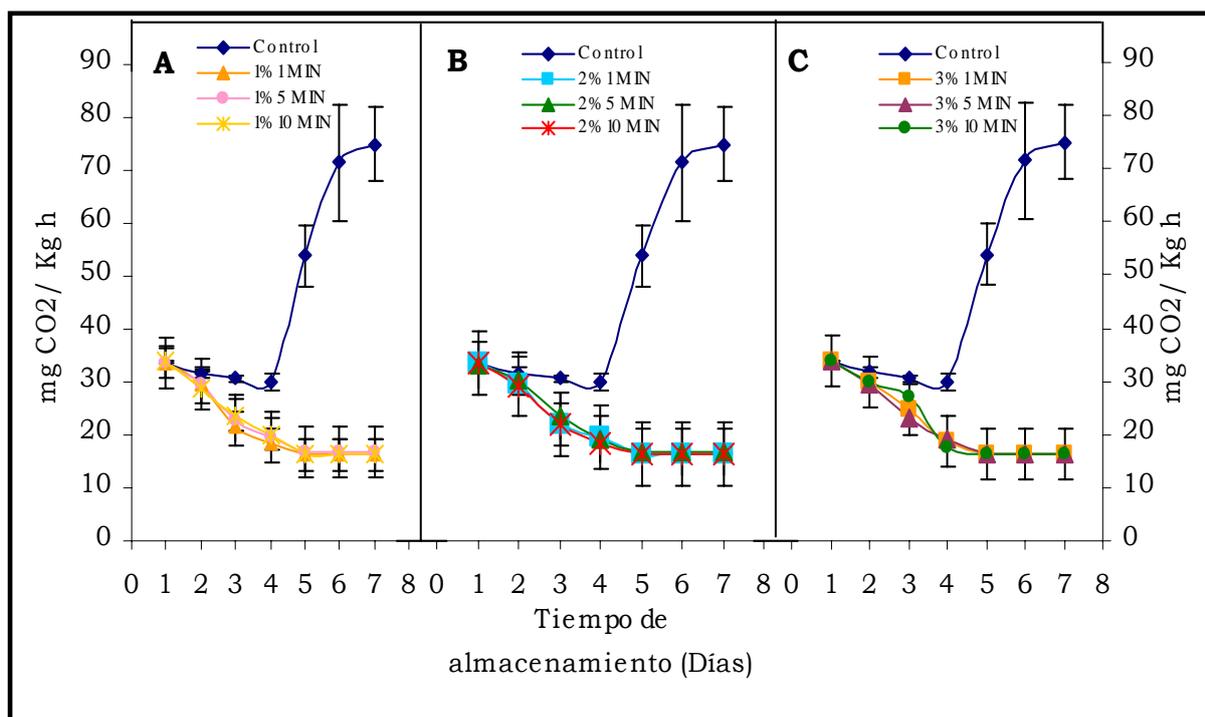


Figura 44. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la respiración de fresas conservadas en envases de PET y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

En el quinto día de almacenamiento, la respiración de las fresas tratadas fue de 16 CO₂/ Kg PF h, al mismo tiempo que las fresas sin recubrimiento presentaron un incremento de 3.5 veces, pues se alcanzó un valor de 53 CO₂/Kg PF h, durante los días restantes del almacenamiento, la respiración se mantuvo constante para las fresas con recubrimiento comestible, al mismo tiempo que la respiración para el grupo control aumentó a 71 y 74 mg CO₂/Kg PF h para el día 6 y 7, respectivamente.

Al finalizar el período de almacenamiento se observó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por efecto del recubrimiento comestible en la respiración, por lo que se prolongó la vida útil de las fresas. Ya que los cambios asociados a la respiración como son la pérdida de peso fueron menores. Además, el aumento en la



respiración de los frutos sin recubrimiento se debió a la presencia de hongos en la superficie de las fresas provocando la producción de CO₂, pues al ser microorganismos aerobios la generación de CO₂ incrementó como producto de su actividad metabólica.

El rápido descenso de la temperatura del fruto provocará una importante reducción en la velocidad de los procesos vitales, es decir, un menor deterioro fisiológico así como un menor grado de transpiración (Martínez, 2005).

5.7 Efecto de la aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en los parámetros de calidad en ‘fresas listas para consumir’.

El objetivo del presente apartado fue el desarrollo de un producto conservado con el recubrimiento comestible a base de gelatina, pero en una presentación ‘lista para el consumo’, es decir fresas lavadas, desinfectadas, con la aplicación del recubrimiento y conservadas a 5°C, sin problema de inocuidad. Se evaluaron los parámetros de calidad, fisiológicos, microbiológicos y bioquímicos más relevantes y a continuación se describe el efecto del recubrimiento en dichos parámetros.

En la figura 45 se observa que la aplicación del recubrimiento comestible no afectó el color de las fresas, sino por el contrario, éste ayudó a mantener el color característico de las fresas. Además, mientras que las frutas sin recubrimiento presentaron invasión fúngica en el octavo día de almacenamiento, las fresas con recubrimiento comestible no presentaron este ataque y se mantuvieron sin presencia de hongos hasta el final del almacenamiento (13 días). Así, las fresas con recubrimiento presentaron en todo el período de almacenamiento el mismo color que presentaron las fresas sin recubrimiento en el inicio del almacenamiento, destacando así que el recubrimiento comestible confirió a las fresas mayor brillo además, por el tratamiento de desinfección previamente realizado se presentó un efecto antifúngico, por lo que las fresas presentaron un aspecto agradable y fueron un producto inocuo listo para el consumo y de apariencia atractiva.



No hubo efecto negativo por la concentración de ácido acético utilizado en la formulación del recubrimiento comestible a diferencia de los diferentes tratamientos evaluados en los objetivos anteriores.

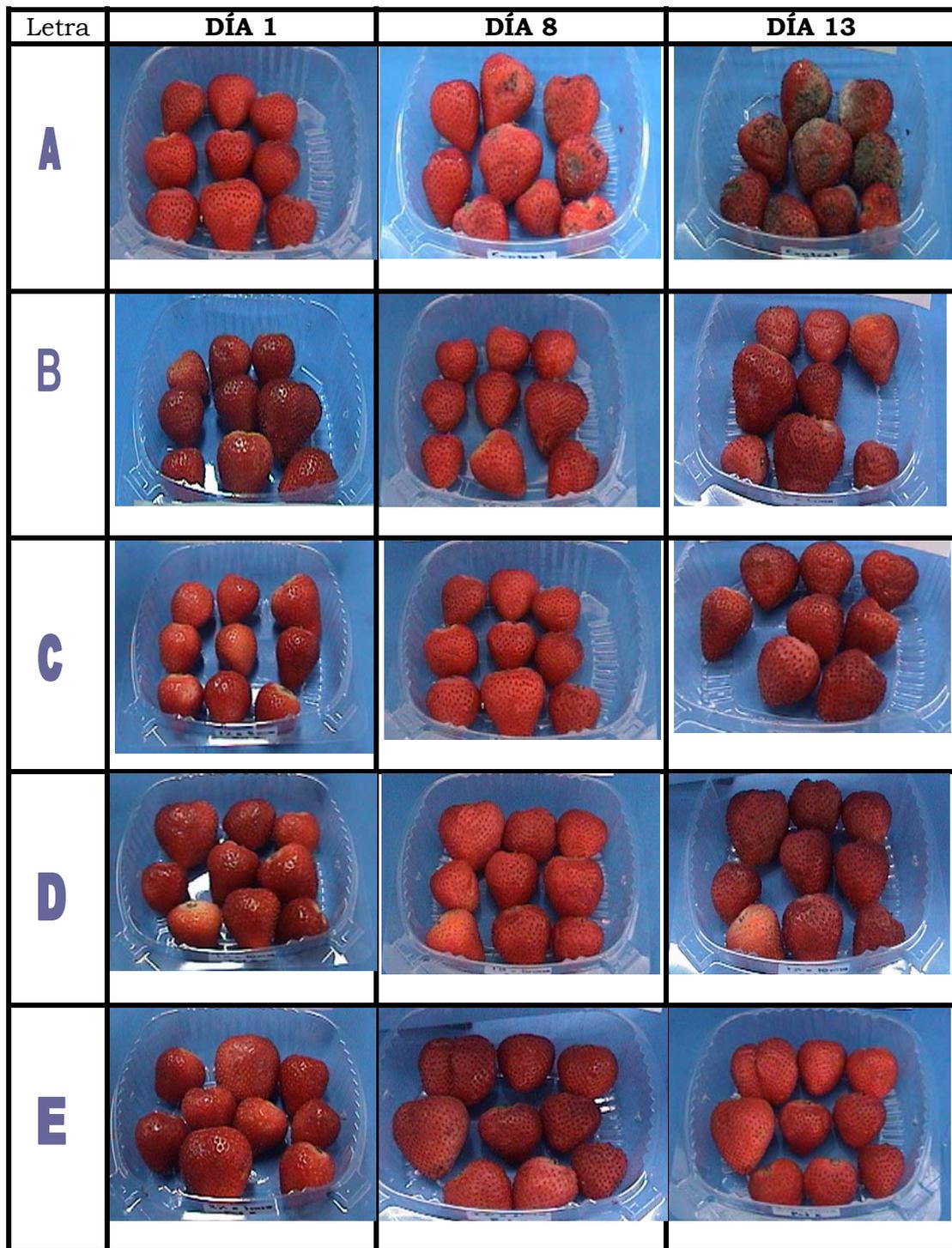
El tratamiento con 3% permitió que las fresas conservaran un mejor aspecto, especialmente las fresas tratadas con un tiempo de inmersión de 10 minutos; sin embargo se pudo apreciar la efectividad del recubrimiento comestible en todos los tratamientos sin influir considerablemente el tiempo de inmersión. Lo anterior permitió alargar la vida útil de las fresas ya que de ocho días en almacenamiento, las fresas con recubrimiento comestible no presentaron daño hasta los trece días de almacenamiento.

5.7.1 Cambios en la acidez.

Los ácidos mayoritarios en las frutas son el málico y el cítrico. En los pomos y drupas predominan el ácido málico, mientras que en las fresas y frutos tropicales es el cítrico el que se encuentra en mayor cantidad.

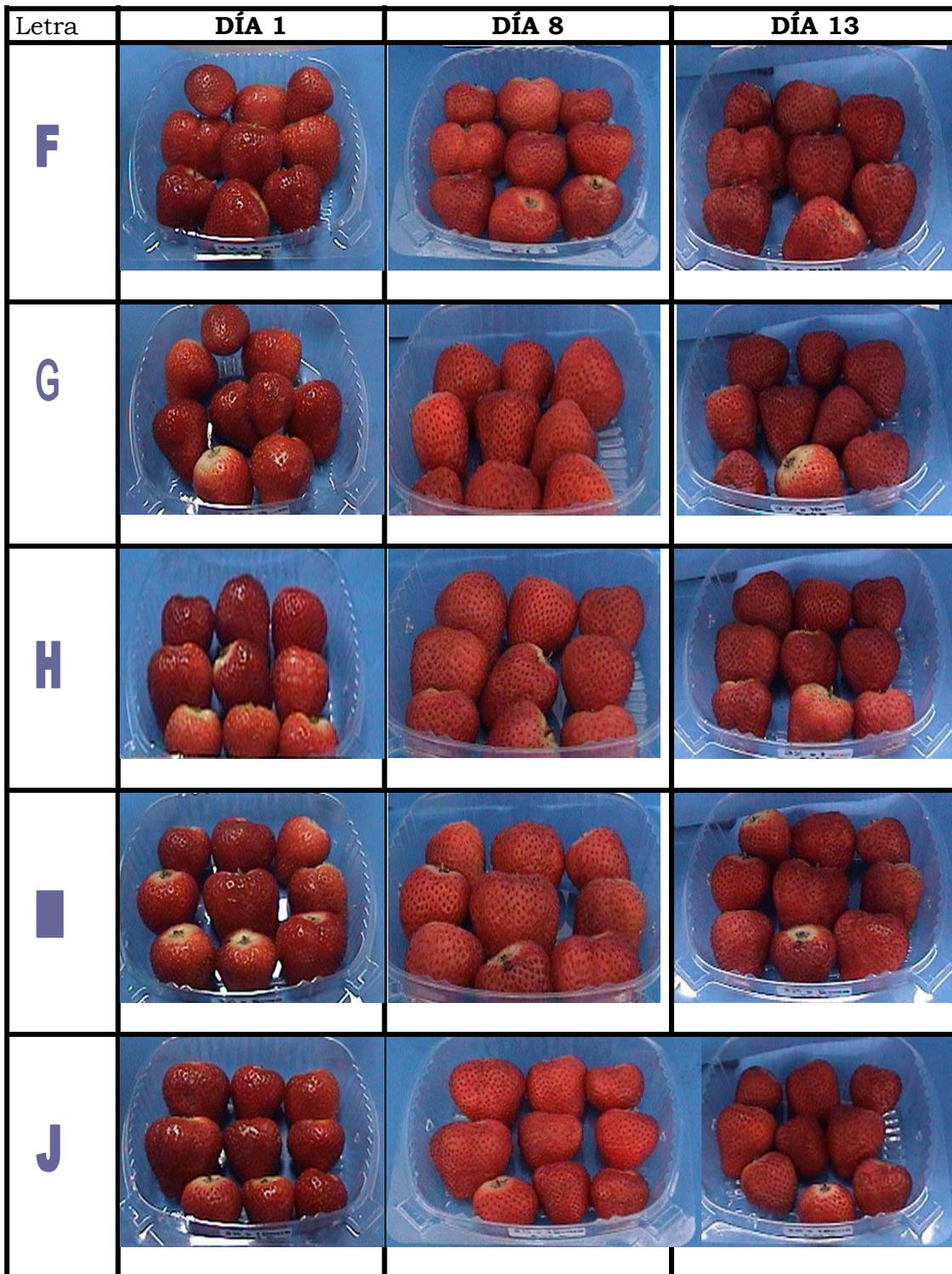
En la figura 46, se muestran los cambios en la acidez en fresas con recubrimiento comestible. Se observó que el tratamiento no presentó un efecto significativo ($P \geq 0.05$) sobre la acidez de las fresas durante el almacenamiento, ya que al inicio se registró un valor alrededor de 0.84% para los frutos con recubrimiento y para los controles.

La tendencia a la disminución en el contenido de ácidos orgánicos en los frutos durante el almacenamiento no fue inhibida por efecto del tratamiento, ya que todos los frutos presentaron este comportamiento confiriendo a las fresas con recubrimiento el mismo sabor característico del grupo control. Se presentó el mismo comportamiento hasta el final del almacenamiento, ya que la reducción de acidez llegó para las fresas sin tratamiento a 0.55%, y en los frutos tratados presentaron valores alrededor del 0.6% para las diferentes concentraciones de gelatina (Fig. 46 B y C), no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en la acidez de las fresas por la concentración de gelatina ni por tiempo de inmersión, a lo largo del tiempo de almacenamiento.



A = Control **B** = 1% / 1 minuto **C** = 1%/5 minutos **D** = 1%/10 minutos
E = 2%/1 minuto

Figura 45. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible en la calidad de fresas listas para consumir y almacenadas a 5°C y 85 % HR.



F = 2 %/5 min **G** = 2 %/10 min **H** = 3 %/1 min **I** = 3 %/5 min
J = 3 %/10 min

Figura 45. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible en la calidad de fresas listas para consumir y almacenadas a 5°C y 85 % HR.



Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Chien *et al.* (2005) quienes reportaron que al aplicar un recubrimiento comestible a base de quitosán en mango almacenado a 6°C, trabajando con concentraciones de 0.5, 1 y 2%, encontraron que no existe diferencia significativa entre el porcentaje de acidez titulable. Otros trabajos reportan que el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de caseinato de sodio y de proteína de leche aplicado a cerezas modificaron significativamente la acidez titulable de los frutos, logrando un incremento en este parámetro con respecto a los grupos control debido al retraso de la maduración que generó en las cerezas tratadas, es decir, se retrasó la conversión de los carbohidratos en azúcares simples (Certel *et al.*, 2004).

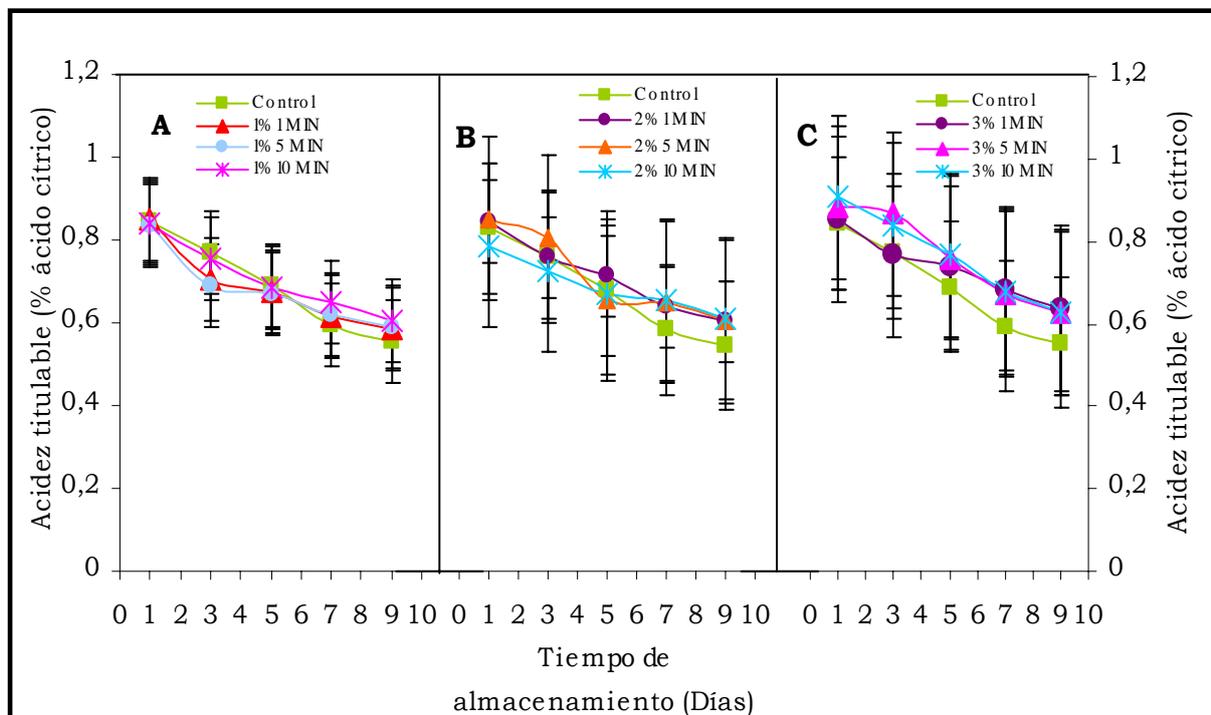


Figura 46. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en la acidez de fresas listas para consumir y almacenadas a 5 °C y 85% HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales

5.7.2 Cambios en los sólidos solubles.

De acuerdo a la figura 47, se observó que los sólidos solubles para las fresas control, así como las tratadas mostraron un aumento durante el almacenamiento en refrigeración. Al inicio del almacenamiento, los frutos sin recubrimiento



presentaron valores de sólidos solubles de 7.2 °Brix, de igual manera en el caso de las fresas con recubrimiento al 1% y 2% en los tres tiempos de inmersión (Figura 47 A, B y C). Al finalizar el almacenamiento, se registraron niveles de 10 °Brix en los frutos sin recubrimiento encontrándose valores menores para las fresas con tratamiento al 1% y 2% de gretetina, aproximadamente entre 9.5 °Brix; así para el 3% se registraron valores de 9.76 °Brix; sin embargo el tratamiento no influyó significativamente ($P \geq 0.05$) desde el inicio hasta el final del almacenamiento en el contenido de sólidos solubles, ni tampoco influyeron los tiempos de inmersión de cada tratamiento.

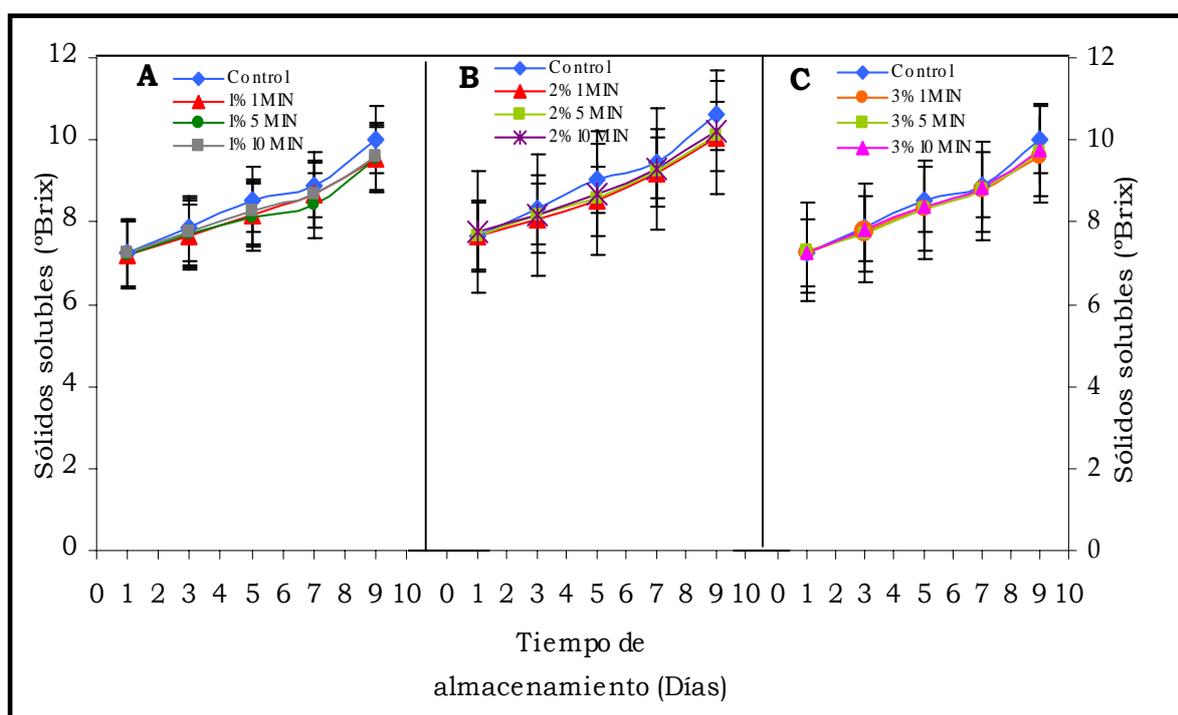


Figura 47. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en los sólidos solubles de fresas listas para consumir almacenadas a 5 °C y 85% HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

Salvador *et al.* (2003) reportaron que al aplicar un recubrimiento comestible de quitosano en mandarinas ‘fortune’ se observó un incremento en los valores de sólidos solubles en la fruta control relacionado con la mayor concentración de éstos por la pérdida de peso mostrada. Otros trabajos reportan niveles de sólidos solubles por debajo de los frutos controles, tal es el caso de manzana ‘golden’



recubiertas con emulsión de cera de carnauba y conservadas a 3°C que presentaron valores más bajos y más cercanos de la medición inicial; sin embargo los sólidos solubles de todos los frutos tuvieron la misma tendencia hacia el aumento a lo largo del almacenamiento (Carvalho y Moure, 2001). Este comportamiento fue similar al encontrado en el presente trabajo utilizando un recubrimiento con gelatina en fresa.

Los sólidos solubles actúan como un índice del contenido de azúcares en un alimento, para el caso de las cerezas se sugiere que estos aumentan durante la maduración y aún más como resultado de la respiración (Cemeroglu *et al.*, 2001). En otros trabajos utilizando como recubrimiento comestible en manzanas ‘Granny Smith’ en diversas concentraciones; el almacenamiento fue a 10 °C por un período de 5 semanas. No se produjo efectos negativos sobre parámetros organolépticos distintivos del sabor como sólidos solubles ni en aquellos que proporcionan el aroma (Melín *et al.*, 2005); otro trabajo reportó que la utilización de un recubrimiento comestible a base de cera de carnauba no tuvo el efecto protector esperado al aplicarlo en pomelos ‘Star Ruby’ almacenados a 5°C durante 12 días ya que no encontraron diferencia significativa entre tratamientos pero sí con respecto al control ya que éste presentó mayor dulzura y fue mayormente aceptado para el consumo (Cavieres *et al.*, 2005).

Horvitz *et al.* (2005) realizaron un estudio sobre el efecto del uso de películas comestibles y plásticas sobre la vida útil de las cerezas. Se utilizaron como recubrimiento ésteres de sacarosa a concentración de 0.8%; se evaluó la calidad de la fruta en términos de contenido de sólidos solubles los cuáles presentaron un aumento en el testigo, mientras que no se observaron cambios significativos para los tratamientos del recubrimiento comestible ni con la película plástica. Este comportamiento fue similar al obtenido en el presente estudio.

5.7.3 Cambios en el pH.

La concentración del ácido acético al 0.5% en la formulación permitió mejorar el sabor y la apariencia de las fresas. Se demostró que el recubrimiento no provocó modificaciones en éste parámetro, ya que tanto las fresas con recubrimiento, así



como el control incrementaron sus valores de pH a lo largo del almacenamiento por lo que, se puede inferir que el recubrimiento no afectó el curso de la maduración de las fresas, ya que las fresas con recubrimiento se comportaron como fresas naturales incrementando su valor por efecto de la pérdida de los ácidos orgánicos.

Al inicio del almacenamiento en la figura 48 las fresas con recubrimiento presentaron un pH alrededor de 3.5 para los diferentes tiempos de inmersión y concentración de gelatina. No se registró diferencia significativa ($P \geq 0.05$) en el pH de las fresas con recubrimiento y los controles.

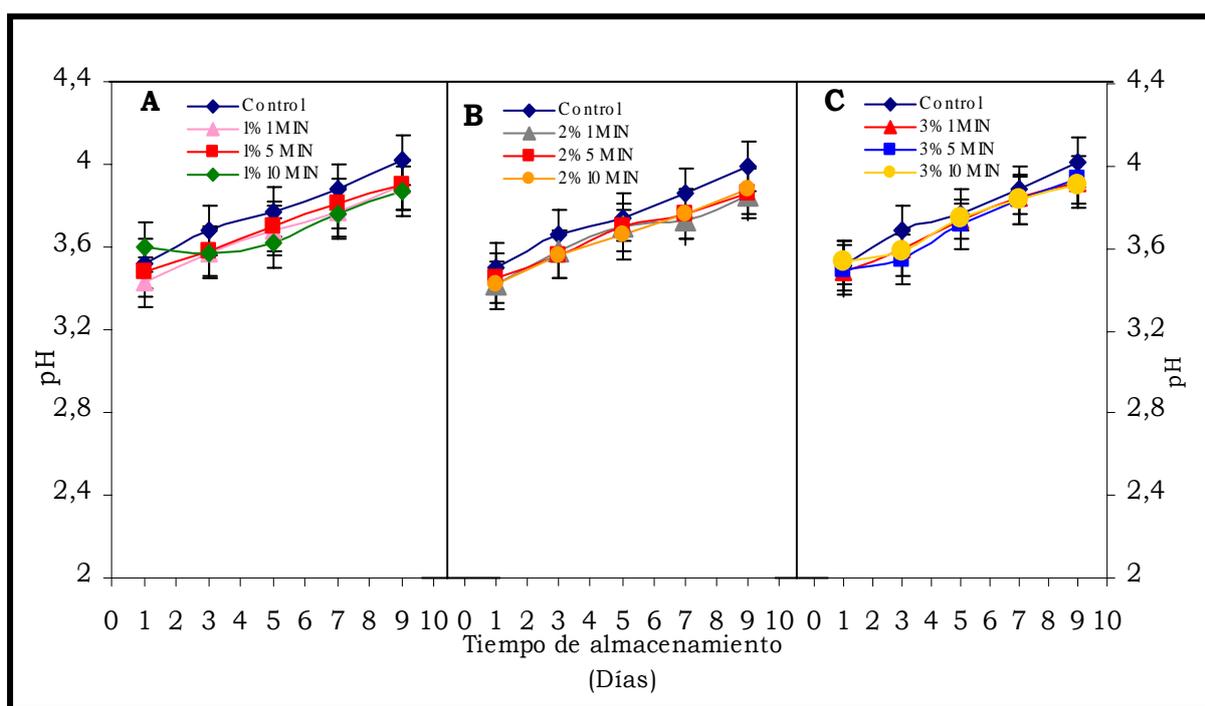


Figura 48. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en el pH de fresas listas para consumir y almacenadas a 5° C y 85% HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

A lo largo del almacenamiento se registró un incremento de pH en todos los frutos. Al final del almacenamiento se alcanzaron valores alrededor de 4 en las diferentes concentraciones de gelatina y en los distintos tiempos de inmersión. De acuerdo a los resultados obtenidos, estadísticamente se puede decir que no hubo efecto significativo ($P \geq 0.05$) por los tratamientos, con respecto al control, por lo que es aceptable la concentración del ácido acético en la formulación del recubrimiento,



ya que prolonga la vida útil y no afectó el valor de pH de la fresa y por lo tanto la aceptabilidad del producto.

En contraste con los resultados anteriores, en investigaciones con otros frutos la acidez titulable decrece durante el almacenamiento en el tratamiento con recubrimiento comestible a base de proteínas de leche en cerezas, se registró un aumento en el pH encontrándose un efecto significativo por el recubrimiento con respecto a los grupos controles (Certel *et al.*, 2004).

Por otra parte, Saucedo (1992) reportó que la aplicación de un recubrimiento comestible a base de proteína de maíz en manzana ‘Golden Delicious’ no mostró efecto significativo por el tratamiento, esto indica que el efecto del recubrimiento dependerá del tipo de fruto, de las condiciones de aplicación y del tipo de recubrimiento.

5.7.4 Cambios en la firmeza.

Las frutas contienen un gran porcentaje de agua, lo que proporciona turgencia al material vegetal. La presión de turgencia es la presión que las vacuolas llenas de agua ejercen sobre el citoplasma y la pared celular parcialmente elástica. Una pérdida de presión de turgencia favorece la transpiración por un número elevado de estomas en las células del fruto (Vaclavik y Christian, 2002).

La figura 49 muestra los cambios en las pérdidas de firmeza de las fresas con recubrimiento a diferentes tiempos de inmersión.

Para el caso de las fresas con recubrimiento al 1% de grenetina (figura 49A) se observa que el efecto de la aplicación del recubrimiento comestible no influyó en la degradación de las paredes celulares de las fresas en el inicio del almacenamiento ya que las fresas sin recubrimiento presentaron una pérdida de firmeza del 16%, mientras que las fresas con recubrimiento presentaron valores 4 veces menores que éstas pérdidas.



El efecto de la concentración de gelatina al 2% fue similar que la concentración del 1% de gelatina ya que las pérdidas oscilaron entre 4 y 5%, excepto para el tiempo de inmersión de 5 minutos en donde las pérdidas registradas fueron del 7%. Para la concentración del 3% (figura 49C) se muestra una reducción en las pérdidas de firmeza por el efecto de la concentración del tratamiento hasta un valor de 3% para el tiempo de inmersión de 10 minutos, para los tiempos de inmersión de 1 y 5 minutos, las pérdidas de firmeza fueron de 6 y 4%, respectivamente.

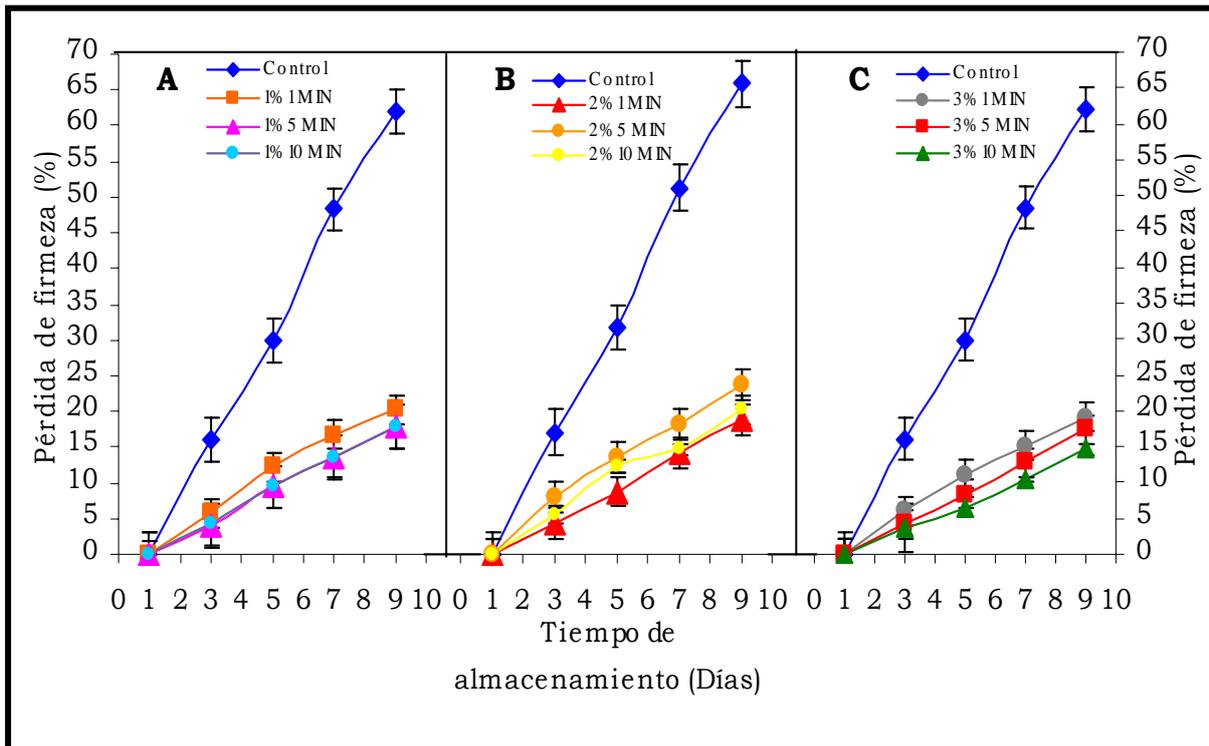


Figura 49. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2 % (B) y 3 % (C) en la pérdida de firmeza de fresas listas para consumir y almacenadas a 5° C y 85% HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

Debido al déficit de turgencia en los frutos a lo largo del almacenamiento, la firmeza de los frutos con recubrimiento comestible al igual que los frutos no recubiertos presentaron un descenso registrando, así para las fresas sin recubrimiento, hubo una pérdida de firmeza del 62%. Los valores para la concentración de 1% de gelatina fueron de 20% para el tiempo de inmersión de 1 minuto y de 17% para los siguientes tiempos de inmersión. Los frutos tratados al 2% de gelatina (figura 49B) presentaron pérdidas de firmeza de 17 a 22% para los diferentes tiempos de inmersión. El tratamiento al 3% de gelatina registró un valor



de 19% para el primer tiempo, mientras que para los siguientes tiempos de inmersión se obtuvo un valor de 17%, se observó una reducción importante en las pérdidas de firmeza para el tiempo de inmersión de 10 minutos, pues éstas fueron del 14%. Los resultados anteriores indican que si hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en la firmeza de los frutos con recubrimiento con respecto al control desde el inicio hasta el final del almacenamiento.

La reducción de la firmeza entre el control y el tratamiento de 3% de gelatina y tiempo de inmersión de 10 minutos, mostró una variación alrededor de 77%, por lo que se infiere que los frutos tratados al perder menor cantidad de agua su turgencia se conservó aun más en el almacenamiento, por lo que se puede aseverar la efectividad del recubrimiento comestible en estas condiciones.

La influencia de la concentración de la gelatina en la retención de la firmeza se atribuye a lo descrito por Bosquez *et al.* (2003), que consideran que 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 los recubrimientos a medida que aumenta su concentración en la dispersión. Este efecto repercute en la funcionalidad de los recubrimientos al inducir la formación de estructura resistentes.

Se observó que la concentración de ácido acético en la formulación del recubrimiento comestible no tuvo efecto en reducción drástica del pH en los frutos recubiertos, y podría sugerirse que tampoco tuvo un efecto en el decrecimiento gradual del contenido metoxílico de la pectina de las fresas en su proceso de maduración y por lo tanto, no se manifestó una drástica pérdida de firmeza en las fresas con recubrimiento. Esto resalta la importancia de la reducción de éste conservante con respecto a la concentración utilizada en las presentaciones de fresas conservadas a granel y envasadas en PET, descritas en los apartados anteriores.

En cuanto a la temperatura de almacenamiento es una variable de estricto control ya que el almacenamiento a 5 °C mostró un notable efecto en la firmeza de los



frutos inhibiendo la acción de las actividades enzimáticas implicadas en las modificaciones de los constituyentes pépticos, tal es el caso de las enzimas Pectinesterasa y poligalacturonasa..

Otro estudio demostró la retención de la firmeza en fresas recubiertas con polulano obteniéndose una pérdida de este parámetro del 11% al cuarto día de almacenamiento, mientras que el valor de retención de firmeza para las fresas sin recubrimiento fue del 15%, notándose el efecto benéfico del recubrimiento a base de polulano en la vida útil de la fresas (Diab *et al.*, 2001). Estos resultados concuerdan con los obtenidos en este estudio, a pesar de tratarse de un recubrimiento de otra naturaleza, ya que al aplicar el recubrimiento comestible a base de gelatina en fresa, se logró mayor retención de su firmeza con respecto a las fresas sin recubrimiento.

5.7.5 Cambios en los parámetros del color.

La antocianinas se encuentran en la piel de los frutos, pero también suelen hallarse en su proporción carnosa, como se observan en algunas variedades de cereza. En las fresas la distribución es más uniforme. Estos pigmentos son poco estables y especialmente sensibles en diversos tratamientos tecnológicos (Halevy y Mayak, 1999).

En la figura 50, se observan los cambios en la luminosidad de las fresas con recubrimiento comestible. La aplicación del recubrimiento no afectó la luminosidad de las fresas, ya que como lo indica la figura 50(A), el control registró un valor de $L = 28$, las fresas tratadas con gelatina al 1% registraron un valor de $L = 31$ para los tiempos de inmersión de 1 y 5 minutos, para el tiempo de 10 minutos, la luminosidad fue de $L = 30$. En tanto que las fresas recubiertas con gelatina al 2%, su luminosidad se mantuvo en $L = 32$ para los tres tiempos de inmersión. Las fresas con recubrimiento al 3% (figura 50C), presentaron valores L de 31, 30 y 33 para 1, 5 y 10 minutos de inmersión, respectivamente. Se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) únicamente entre el control y el tratamiento del 3% de gelatina en un tiempo de inmersión de 10 minutos.

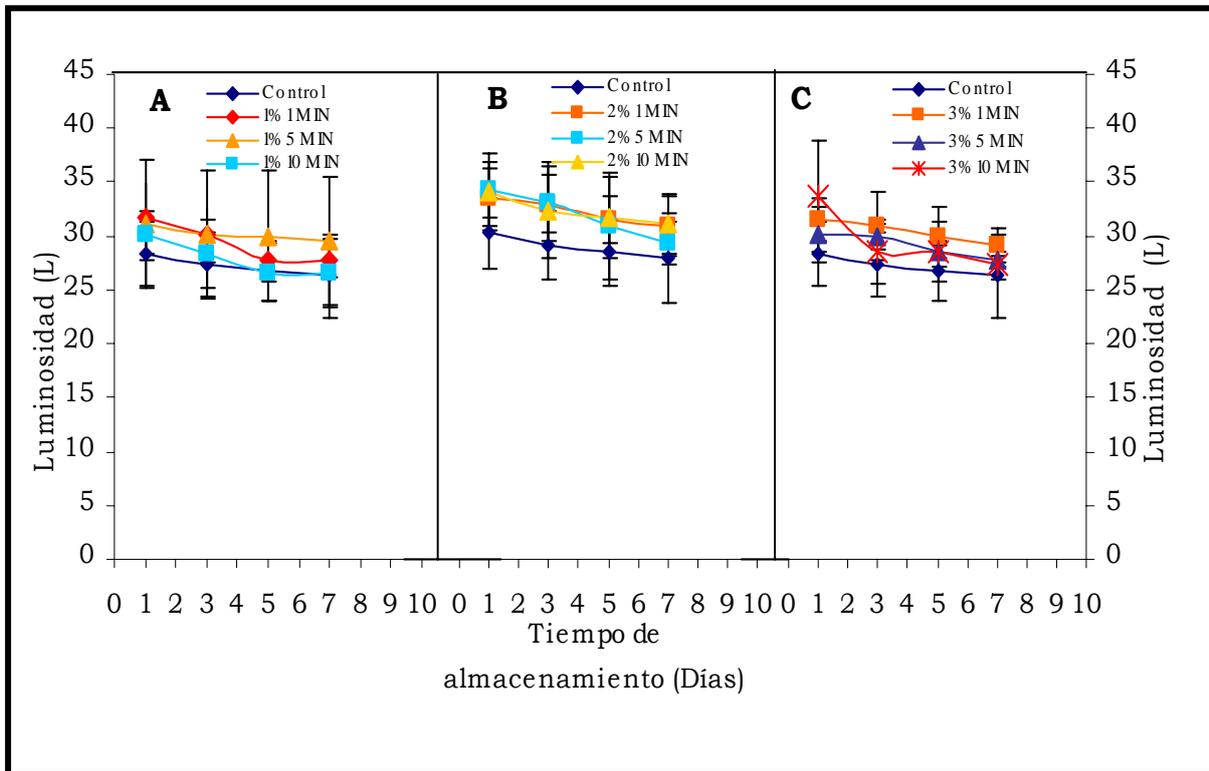


Figura 50. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la luminosidad de fresas listas para consumir y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

Mientras transcurrió el tiempo de almacenamiento, la luminosidad disminuyó tanto en los frutos tratados como en los frutos sin recubrimiento. A partir del quinto día de almacenamiento, no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) por el tratamiento manteniéndose este comportamiento hasta el último día de almacenamiento.

En la figura 51 se muestra el cambio del tono en las fresas con recubrimiento. Los frutos control presentaron valores de Hue = 24, mientras que las fresas con recubrimiento se registraron valores entre Hue = 28 y 32 (Fig.51A). Se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el control y los tratamientos excepto por los tratamientos de 1% de gelatina en 5 y 10 minutos de inmersión.

A lo largo del período de almacenamiento, se observó una disminución del tono para todas las fresas, presentando esta tendencia por efecto natural del proceso de maduración hasta la llegada de la senescencia.

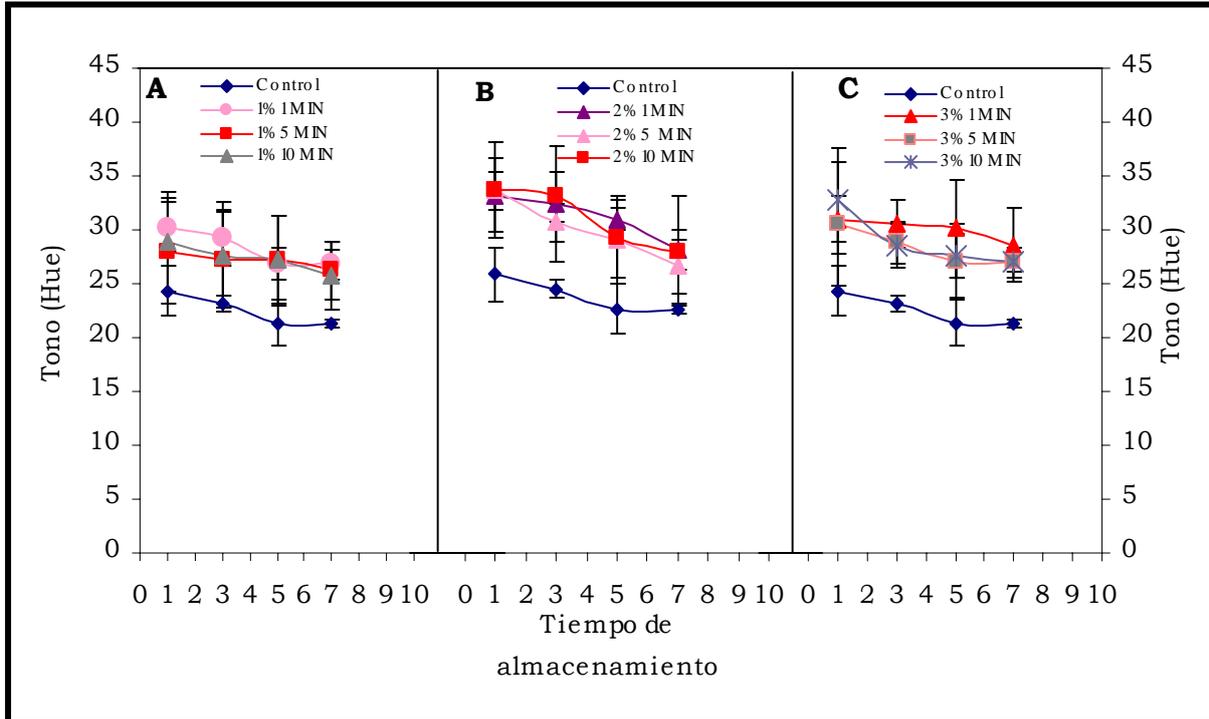


Figura 51. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en el tono de fresas listas para consumir y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

A partir del tercer día de almacenamiento, el control presentó una mayor disminución del tono con respecto a los frutos tratados, se mantuvo este comportamiento hasta el último días de almacenamiento presentando diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por efecto por efecto del tratamiento, es decir, hubo un efecto benéfico por la aplicación del recubrimiento comestible. Así el control registró un valor de Hue = 21, en tanto que los tratamientos de 1 % de gelatina en 10 minutos de inmersión y 2 % de gelatina con 10 minutos de inmersión mostraron un valor de Hue = 25, el resto de los tratamientos presentaron un valor de Hue = 26, excepto los tratamientos de 3% en 1 y 10 minutos, cuyo valor de tono fue Hue = 28.

En la figura 52, se observan los cambios en la intensidad del color medida como cromaticidad para todos los frutos, mostrándose que ésta disminuyó al paso del tiempo de almacenamiento. En el primer día no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) por efecto del tratamiento, ya que el control registró un valor inicial de 35 el tratamiento de gelatina al 1% mostró valores de 36 y 37 sin influir el tiempo de inmersión (Fig. 52A); y en las fresas con tratamiento al 2% 59(B)) se observaron



valores de 39 y 40 entre los diferentes tiempos de inmersión, finalmente para el tratamiento al 3% de gelatina, los valores fueron de 40, 39 y 38 para 1, 5 y 10 minutos de inmersión (Fig.52C).

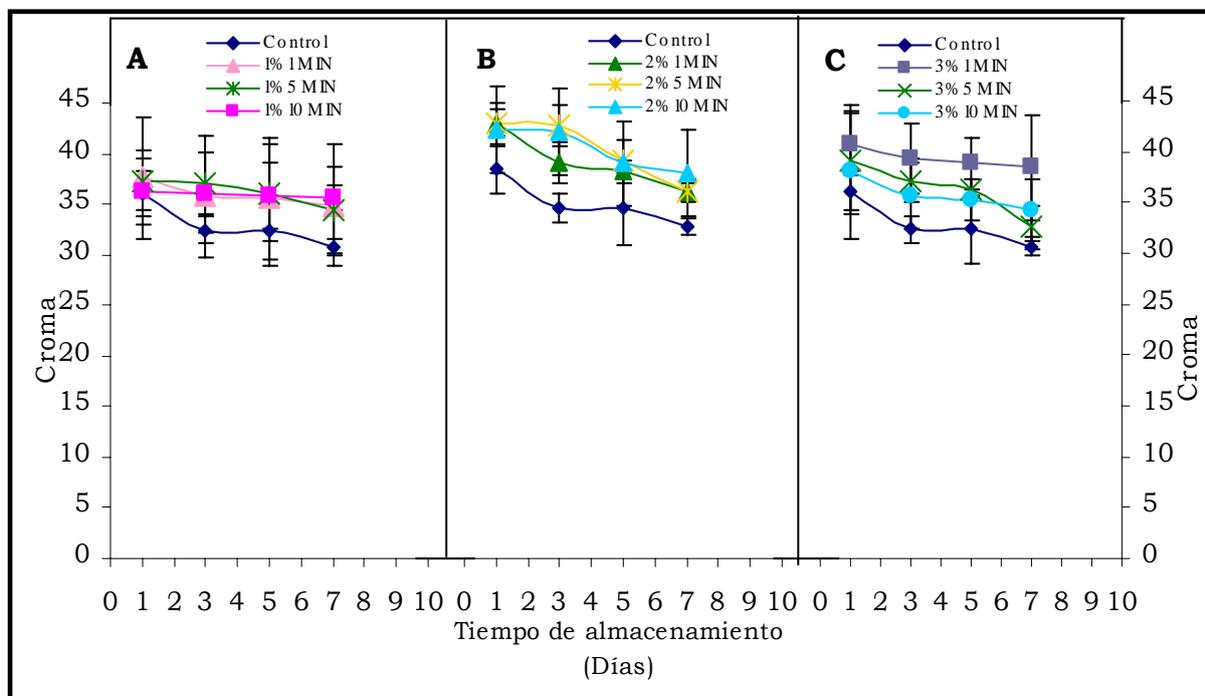


Figura 52. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en croma de fresas listas para consumir y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

A partir del tercer día de almacenamiento se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) por efecto de los tratamientos manteniéndose este comportamiento hasta el final del almacenamiento, obteniéndose para el grupo control un valor de 30, mientras que para el 1% de gelatina se registraron valores de 34 para los tiempos de inmersión de 1 y 5 minutos; un valor de 35 para 10 minutos, mientras que para el 2% (figura 52B) se encontraron valores de 34, 33 y 35 para cada uno de sus tiempos de inmersión correspondientes, por último para los tratamientos al 3% de gelatina (figura 52C) se presentaron valores de croma de 38, 34 y 32 para sus distintos tiempos de inmersión.



Por lo anterior se sugiere que la aplicación del recubrimiento comestible tuvo un efecto benéfico, ya que se conservó el color en las fresas durante todo el almacenamiento, por lo que la concentración del ácido acético no causó alguna alteración como un desorden de los tejidos en la fresa y en consecuencia, modificaciones en el color, por lo que aumentó la calidad visual de éstas durante todo el período de almacenamiento en contraste de los frutos control.

En cuanto las condiciones del almacenamiento la temperatura y la humedad relativa si fueron las idóneas para preservar la vida de las fresas por mucho más tiempo, ya que no modificaron ningún parámetro del color en las fresas tratadas.

Otros trabajos reportados por Yaman y Bayoundirli (2001) encontraron que al aplicar un recubrimiento comestible a base de carboximetilcelulosa y ésteres de sucrosa en cereza hubo un efecto significativo en la retención del color por efecto de la aplicación del recubrimiento en combinación con la temperatura de almacenamiento, ya que se trabajó con temperaturas de 0 y 30°C mostrando ésta última un efecto benéfico en comparación con el control y los frutos recubiertos almacenados a 0°C. En contraste con este trabajo, ya que la temperatura de almacenamiento fue menor a los 30°C (5°C) y no hubo una alteración en los parámetros de color para las fresas con recubrimiento comestible. Se tuvo el mismo comportamiento al aplicar un recubrimiento a base de mucílago de cactus y glicerol en fresa (*Fragaria ananassa*) almacenada por 10 días a 5°C y 75% HR se observó que el recubrimiento comestible no presentó modificaciones en los parámetros de color, se observó una disminución del color atribuyéndose al incremento de la respiración y a los procesos enzimáticos que dan como resultado una pérdida de calidad y en algunas pigmentaciones oscuras.

El color en la fresa es un atributo muy importante para la aceptación del producto por el consumidor, por lo tanto el recubrimiento no modificó el color original de los productos ni el desarrollo de pigmentaciones oscuras en tanto que la adición del Glicerol no tuvo efecto sobre las propiedades del color en las fresas (Del Valle *et al.*, 2005).



5.7.6 Pérdidas de peso.

El agua de los frutos se pierde principalmente en estado de vapor (y no en estado líquido) a través de rutas primarias tales como heridas, estomas y cutícula. El agua libre se encuentra en células estrechamente unidas entre sí y se mueve en espacios intracelulares interconectados, donde el agua se vaporiza y satura el ambiente intracelular, por ende lo que se tiene es vapor de agua saturado. La mayor concentración de vapor de agua esta localizada en el producto y esta concentración a su vez, depende enteramente de la temperatura, de allí que entre más diferencia de temperatura exista entre el producto y el aire circundante, mayor será el gradiente de concentración de vapor de agua y por lo tanto la posibilidad de pérdida de agua (Thompson, 2003).

La figura 53 indica que la aplicación del recubrimiento comestible, logró reducir la pérdida de peso puesto que la concentración del ácido acético en la formulación del recubrimiento fue reducida al 0.5%, por lo que la reducción de la concentración resultó benéfica ya que de esta manera el recubrimiento comestible ofreció una buena barrera a la transferencia de gases y vapor de agua a las fresas recubiertas durante el almacenamiento prolongando su vida útil.

En el inicio del almacenamiento, el control registró una pérdida de peso de 2.5%, en tanto que el tratamiento que registró una menor pérdida fue el de 3% de gelatina con 10 minutos de inmersión, ya que se obtuvo un valor de 0.7%, para 5 minutos de inmersión y para el tiempo de un minuto se presentó un incremento en la pérdida de peso, obteniéndose un 1%.

El resto de los tratamientos presentaron un comportamiento semejante a éste último ya que la pérdida registrada osciló en 1%. Se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el control y los tratamientos, entre cada una de las condiciones se registró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el tratamiento del 3% y 10 minutos de tiempo de inmersión con respecto a los demás tratamientos.

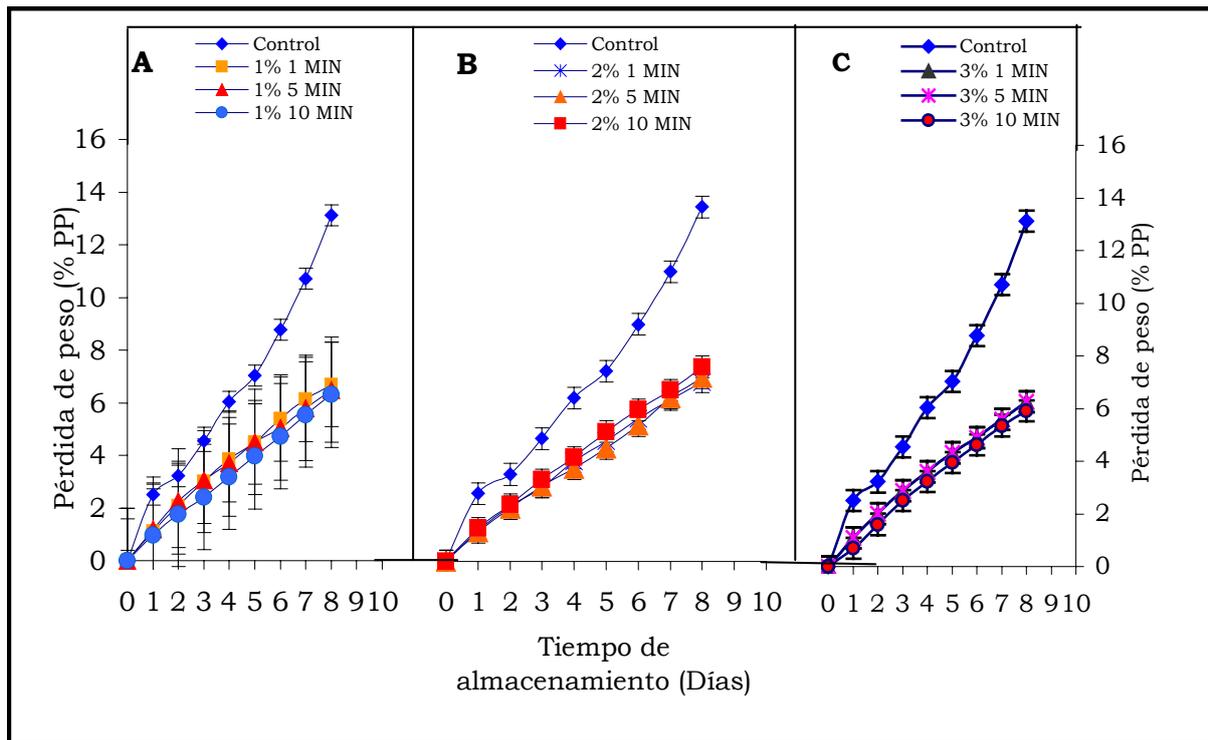


Figura 53. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la pérdida de peso de fresas listas para consumir y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

Se observó un aumento progresivo de la pérdida de peso durante el almacenamiento, siendo el tratamiento más efectivo el de gelatina al 3% en tiempo de inmersión de 10 minutos, seguido del tiempo de inmersión de 5 minutos para este mismo tratamiento (Fig. 53C). El control alcanzó una pérdida de peso de 13% al final del almacenamiento y las fresas con recubrimiento solamente un 6%. En base a lo anterior, se observó una reducción notable hasta del 50% para las fresas tratadas con respecto a las fresas sin recubrimiento comestible, éstas pérdidas también se vieron reducidas por el tipo de envase y la temperatura de almacenamiento, lo que proporcionó una mayor retención de la firmeza para las fresas tratadas y prolongó su tiempo de almacenamiento sin alteraciones de ningún tipo. Se encontró que, tanto el control como el tratamiento de 3% y 10 minutos de tiempo de inmersión fueron diferentes significativamente ($P \leq 0.05$) entre ellos y éstos a su vez con el resto de los tratamientos al presentar una mayor y menor pérdida de peso, respectivamente en comparación con los demás tratamientos; sin embargo se puede decir que todos los tratamientos son efectivos para reducir las pérdidas de agua aumentando el valor comercial de las fresas.



Aunque la cantidad de vapor en el aire, es pequeña, siempre que exista un diferencial de la concentración de vapor entre el aire inmediato y el espacio intracelular del producto, se ejerce una fuerza impulsora que va a mover el vapor de agua desde un espacio más concentrado hacia uno menos concentrado. Como en la mayoría de los frutos existe mayor humedad en el espacio intracelular, son éstos los que tienden a perder agua (Kays, 1997).

Carvalho *et al.* (2001) reportaron que las manzanas (*Golden delicious*) fueron tratadas utilizando una cobertura comestible con cera de carnauba almacenadas a 3 y 14°C. La pérdida de peso de las manzanas durante el período de conservación fue mayor para las almacenadas a 14°C y las manzanas no tratadas ya que está confirmada la importancia de la cubierta en el control de la migración de la humedad del producto para las manzanas conservadas a 3°C, no hubo diferencia significativa, ya que el hecho de que las manzanas recubiertas presentaron mayores pérdidas que los controles pueden ser debido a que el recubrimiento pudo estar actuando como agente sacrificante, o sea, el agua que primero sale es la del recubrimiento y evita la pérdida por el fruto. Estos resultados contrastan con los obtenidos al recubrir las fresas con gelatina ya que se redujo la pérdida de peso siendo el recubrimiento comestible que evitó la pérdida de humedad intensificándose este efecto por la baja temperatura de almacenamiento (5°C).

En otros trabajos utilizando amilosa y glicerol como recubrimiento comestible en fresa (*Fragaria- ananassa*), se encontró que una alta proporción de amilosa reduce las pérdidas de peso en un 44%, mientras que con un mediano contenido de amilosa solo el 32%. Se encontró un efecto significativo entre cada tratamiento y el control.

Al recubrir las fresas con gelatina, la concentración del Glicerol en la formulación del recubrimiento no tuvo efecto significativo sobre la pérdida de peso ya que la concentración utilizada fue muy baja y no provocó alteraciones en el recubrimiento ya que los plastificantes interactúan en el desarrollo de fuerzas secundarias intermoleculares de los polímeros con los que tiene afinidad. Las diferencias de la permeabilidad de los plastificantes pueden ser atribuidas a diversos factores como el estado físico y molecular en que se encuentre el plastificante, alteraciones en su



estructura e interacciones químicas entre el plastificante y el medio con el que tenga contacto (Donhowe y Fenneman, 1993). Galiotta *et al.* (1998); McHugh y Krochta, (1994) hacen referencia a la necesidad de incorporar plastificantes a los films comestibles por ejemplo el glicerol y el sorbitol para conseguir la disminución de la densidad y reversibilidad de las interacciones intermoleculares, e incrementar la movilidad de las cadenas y en consecuencia la flexibilidad del recubrimiento.

Los recubrimientos a base de proteínas y plastificadas con glicerol son excelentes barreras al O₂, CO₂ y C₂H₄, pero si son altamente hidrofílicas no son buenas barreras al vapor de agua (Galiotta, 2001). Si se aplica este tipo de recubrimientos en conjunción con membranas hidrofóbicas, hace a este tipo de coberturas ideales para el estudio de postcosecha de frutos, principalmente en aquellos frutos peredeceros (Greener y Fennema, 1989).

Al recubrir mangos con quitosán al 2% se retardó la maduración y la pérdida de peso almacenándolos a 6°C durante 7 días. Al final del almacenamiento se encontró que la pérdida de peso para los mangos no recubiertos fue de 19.86%, mientras que los mangos con recubrimiento observaron una pérdida de peso de 10.27% por lo que se encontró diferencia significativa del tratamiento con respecto al control. Por lo que cabe resaltar que con la aplicación de este recubrimiento la vida de anaquel del mango se prolongó y ofreció una benéfica comercialización (Chien *et al.*, 2005). Este efecto coincide con los resultados obtenidos en este trabajo, ya que las fresas con recubrimiento comestible a base de gelatina, perdieron menos peso en un 50% con respecto a las fresas control alargando la vida útil de éstas hasta por 9 días, lo que significaría una comercialización más prolongada.

Otro trabajo reporta que al aplicar un recubrimiento comestible a base proteína de soya, polulano y glicerol almacenados a temperatura ambiente durante 54 días se logró la reducción de la pérdida de peso ya que se registró un valor de 48 % para el último día de almacenamiento en los kiwis con tratamiento, en tanto que los frutos del grupo control alcanzaron 100% de pérdida de peso en el día 37 (Xu *et al.*, 2001). Se observó en este trabajo que las fresas que no fueron recubiertas también



mostraron una pérdida total de su calidad así como una mayor pérdida de peso con respecto a las fresas con recubrimiento, por lo que para el final del almacenamiento éstas ya no fueron aptas para el consumo.

5.7.7 Pérdida de diámetro.

El concepto de la relación superficie /volumen está referido a la relación existente entre la mayor o menor superficie total para el intercambio gaseoso que existen entre diferentes productos con dimensiones y texturas diferentes, que pueden ocupar un mismo volumen. Esto quiere decir, que el hecho de que dentro de un espacio, si un objeto aumenta su tamaño sin cambiar de forma se produce una progresiva disminución de su relación superficie/volumen con relación a otros más pequeños o de forma similar ubicados en el mismo espacio. Ésta pérdida puede ser mayor si consideramos que por lo general las superficies de los productos agrícolas no son uniformes y poseen rugosidades que incrementan la superficie de intercambio (Halevy y Mayak, 1999).

Se notó un efecto benéfico por la aplicación del recubrimiento comestible a mayor concentración de gelatina y mayor tiempo de inmersión (Fig. 54), ya que al inicio del almacenamiento el grupo control registró un valor de 1% de pérdida de diámetro, por lo tanto no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos, pero cabe mencionar que sí se encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el tratamiento de 3% de gelatina con tiempo de inmersión de 10 minutos con respecto al control y al resto de los tratamientos pues se observó un valor de pérdida de diámetro del 2%.

El efecto de la aplicación fue benéfico ya que logró reducir la pérdida de diámetro en 6% con respecto al control ya que al finalizar el almacenamiento las fresas no recubiertas alcanzaron una pérdida del 10%, para el resto de los tratamientos las pérdidas oscilaron entre 5% y 6% de pérdida de diámetro encontrándose diferencia significativa ($P \leq 0.05$), para la concentración del 3% de gelatina con un tiempo de inmersión de 10 minutos su pérdida fue menor ya que registró un porcentaje de 4, por lo que hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto al control y al resto de los tratamientos, se sugiere que la concentración



del recubrimiento tuvo influencia directa en la permeabilidad a la transferencia de gases y de vapor de agua; sin embargo, se infiere que todos los tratamientos son efectivos para prolongar la vida útil de las fresas, ya que hay una reducción considerable de este parámetro con el control, por lo que se traduce en retrasar el marchitamiento de frutos percibles como la fresa.

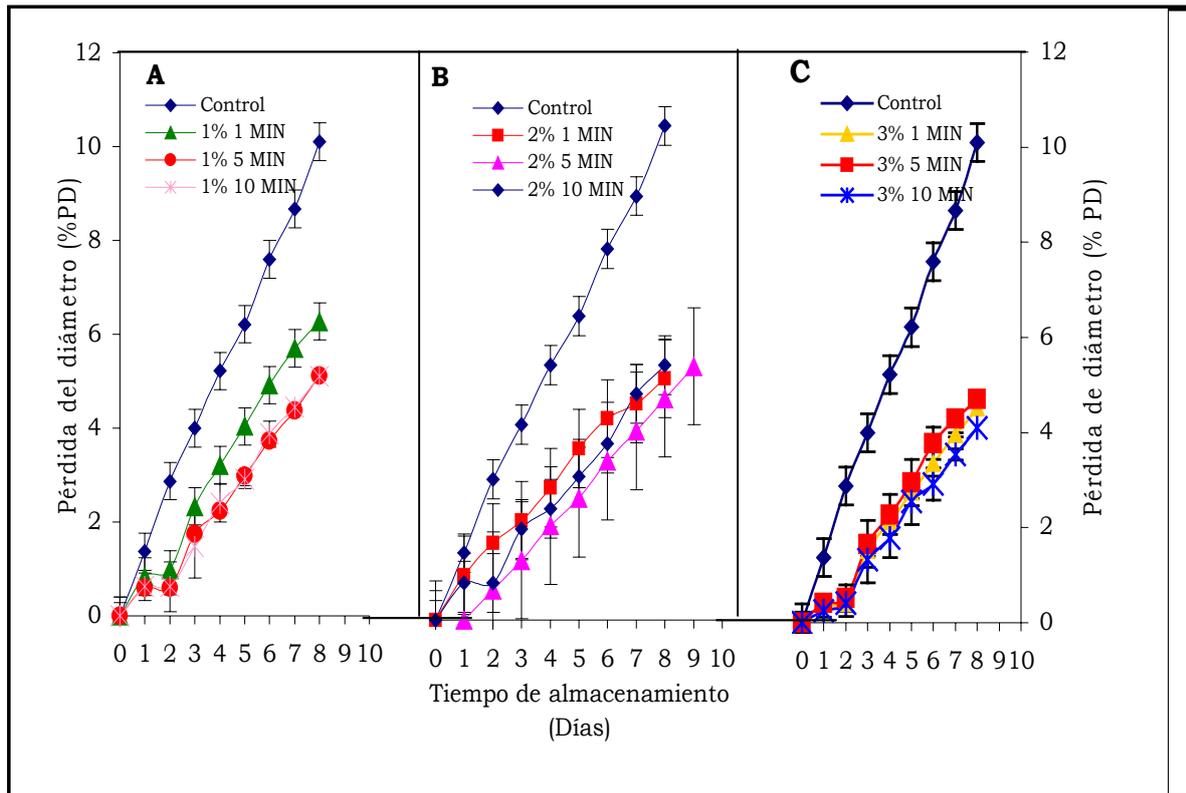


Figura 54. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la pérdida de diámetro de fresas listas para consumir y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

El principal mecanismo de la pérdida de humedad de frutas y vegetales frescos es por el gradiente de la difusión del vapor de agua entre la fruta y el medio ambiente; donde el espesor y la permeabilidad del recubrimiento, así como la temperatura y la humedad relativa son factores importantes ya que afectan a los estomas que son los organelos encargados de regular el proceso de transpiración y el intercambio de gases entre la fruta y el medio ambiente, siendo los responsables de la diferencia de presión de vapor entre el fruto y el medio ambiente; la respiración puede también causar una reducción en humedad por la degradación del azúcar (Maftzoonzad y Ramaswamy, 2004).



Son pocos los estudios enfocados a la evaluación del efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible en la pérdida del diámetro del fruto en cuestión, ya que la pérdida de éste parámetro es evaluado en función a las pérdidas de humedad de los frutos. Flores (2005) reporta que al almacenar durante 20 días guayabas con recubrimiento comestible a base de colágeno se logró disminuir significativamente la pérdida de diámetro con respecto a un grupo de frutos sin recubrimiento.

5.8 Parámetros fisiológicos.

5.8.1 Cambios en la respiración.

La intensidad respiratoria de un fruto depende de su grado de desarrollo y se mide como la cantidad de CO₂ (mg) que desprende 1 Kg de fruta en 1 hora. En la figura 55, se observa que la respiración sigue una tendencia normal hacia la disminución en la producción de CO₂, ya que por ser un fruto no climatérico, se carece de un aumento puntual en la respiración, la vida útil de los frutos y vegetales frescos está limitada por su actividad respiratoria y el uso de películas flexibles se ocupa para crear una atmósfera que modifique su metabolismo para incrementar su vida útil.

Al inicio del período de almacenamiento, la respiración de las fresas se encontró un rango de 22 a 30 mg CO₂/Kg PF h, lo que demostró que no hubo diferencia significativa ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos y las fresas sin recubrimiento. Sin embargo, a partir del segundo día de almacenamiento se presentó un descenso de la respiración registrándose valores desde 18 a 25 mg CO₂/Kg PF h en las fresas con recubrimiento comestible, en tanto que para el control el valor de respiración fue de 30 mg CO₂/Kg PF h. Estos valores se mantuvieron hasta el tercer día de almacenamiento, y para el cuarto día, se mostró una ligera disminución para las fresas tratadas hasta 16 mg CO₂/Kg PF h mientras que, para los controles se registró un ligero aumento a 31 mg CO₂/Kg PF h, esta tendencia cambió hasta el séptimo día de almacenamiento mostrando un aumento hasta 46 mg CO₂/Kg PF h para el caso del grupo control, el resto de los frutos no varió su respiración hasta el último día de almacenamiento; pero sí el control continuó incrementando su respiración a 53 y 55 mg CO₂ /Kg PF h para el octavo y noveno día, respectivamente.

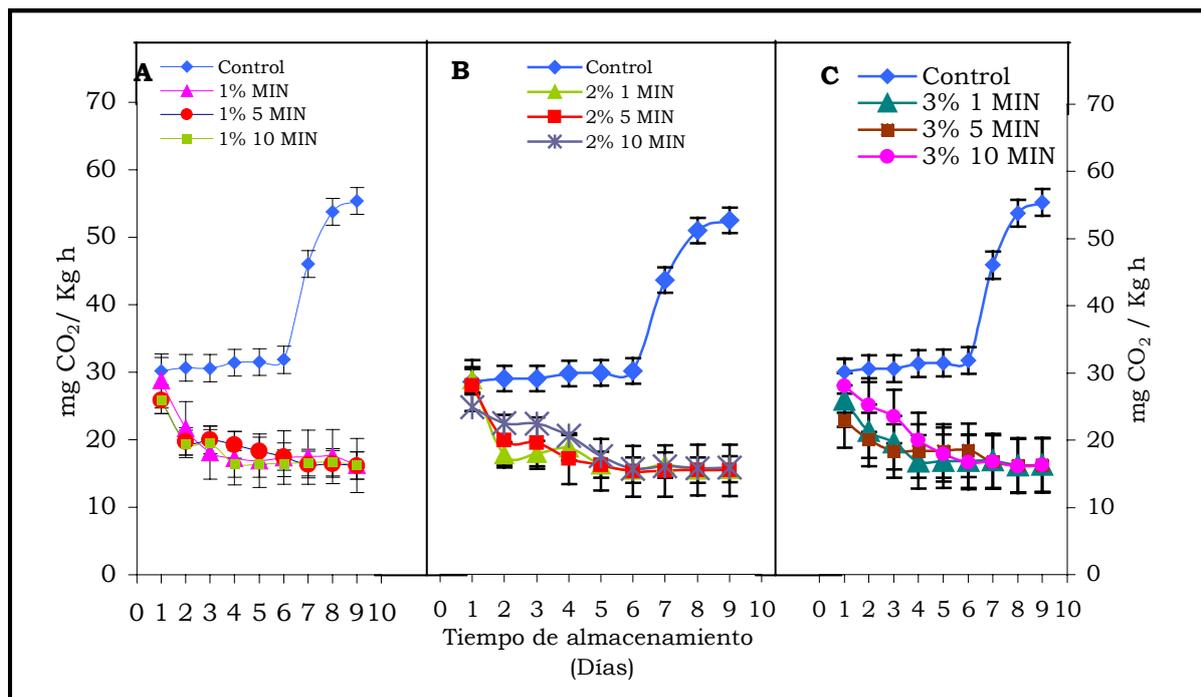


Figura 55. Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina al 1% (A), 2%(B) y 3%(C) en la respiración de fresas listas para el consumo y almacenadas a 5 °C y 85 % HR.

La desviación estándar de cada punto se representa con barras verticales.

Se observó una reducción significativa ($P \leq 0.05$) en la respiración por efecto de los tratamientos con respecto al control desde el cuarto día de almacenamiento.

Ello indica que la respiración incrementó en el control debido a la invasión fúngica que el recubrimiento comestible logró inhibir en las fresas tratadas y por lo tanto se prolongó su vida útil hasta nueve días. Es decir, la aplicación del recubrimiento comestible, aunado a la temperatura de almacenamiento y el envase utilizado brindaron una barrera protectora a la transferencia de gases y migración de humedad para las fresas tratadas.

Otro aspecto importante fue el control de la humedad relativa, pues un aumento brusco de ésta facilita la proliferación de microorganismos y en consecuencia se produce un aumento en la respiración, por lo que los frutos pierden atributos que los hacen aceptables para el consumidor.



Otros trabajos con guayaba conservada en diversos empaques sintéticos a base de metilcelulosa, etilcelulosa y polietileno con distintas humedades relativas y temperaturas de almacenamiento, demostraron que afecta la velocidad de respiración. Por otra parte, la tasa de respiración disminuyó en aguacates con recubrimiento de carboximetilcelulosa al 3% con 1.9% de glicerol; en mango con Semperfresh; uva con ésteres de sacarosa y en kiwi con proteína de soya; sin embargo para el caso de los recubrimientos con gelatina en duraznos no hubo efecto significativo (Yamashita, 2003; Assis, 2004). El comportamiento observado en fresas con recubrimiento de gelatina fue similar a lo reportado por los trabajos mencionados anteriormente, debido a que una película o recubrimiento tienen efecto de disminuir la producción de CO₂, al modificar la atmósfera que lo rodea. Otro trabajo reportó que se ve afectada la tasa de respiración en guayabas con recubrimiento de colágeno, por lo tanto, la aplicación del recubrimiento sí afectó al proceso de maduración del fruto (Flores, 2005).

Los resultados que concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo son los descritos por Erbil y Muftugil (1996) quienes reportaron que el recubrimiento en duraznos con ceras comestibles disminuyó la transmisión del vapor de agua y el oxígeno en su superficie disminuyendo así, su rango de respiración incrementando su vida útil. Nisperos-Carriedo *et al.* (1990) y Baldwin *et al.* (1995), observaron que la celulosa con ceras comestibles tuvo un efecto similar en este parámetro previniendo la putrefacción y manteniendo la firmeza en frutas tropicales.

5.9 Evaluación Microbiológica en ‘fresas listas para consumir’.

Las frutas frescas tienen la capacidad para soportar el crecimiento de bacterias, levaduras y mohos. Sin embargo, si solo consideramos el pH de las frutas, es inferior al nivel que favorece el crecimiento de las bacterias. Los mohos son los agentes primarios del deterioro microbiológicos de las frutas. Así mohos del género *Botrytis*, es el causante de la mayor parte de la podredumbre de fresas (Jay, 1998).

Se realizó una evaluación de la presencia de coliformes, hongos y levaduras en las fresas sometidas a los diferentes tratamientos, ya que uno de los objetivos fue el obtener un producto ‘listo para consumir’, es decir un producto inocuo que contribuya al aumento en el consumo de fresa.



Uno de los aspectos más importantes en la calidad microbiológica de las 'fresas listas para consumir' fue la ausencia de coliformes totales. Al inicio del almacenamiento en las fresas con recubrimiento en las diferentes concentraciones y tiempos de inmersión se observó que no manifestaron presencia de coliformes, mientras que las fresas sin recubrimiento presentaron 270 ufc/g. Se sugiere que la efectividad de la desinfección en las fresas tratadas logró inhibir el crecimiento microbiano atribuyéndole mayor calidad e inocuidad al producto listo para el consumo prolongando su vida útil por mayor tiempo. Por otra parte, el recubrimiento logró aislar al fruto ya limpio y desinfectado, haciendo un efecto físico de barrera impidiendo la contaminación del producto.

La presencia de coliformes en las fresas sin recubrimiento se atribuye al tipo de agua utilizada para el riego, su siembra y tratamientos postcosecha. Durante la cosecha una mala manipulación, el contacto con la tierra y otras impurezas pudieron haber contribuido a la contaminación, así como las condiciones durante el transporte para su comercialización, ya que muchas veces no se cuentan con las medidas higiénicas adecuadas para el transporte incluyendo las condiciones de temperatura necesarias para el tipo de fruto. El tipo de envase y/o embalaje utilizado desde la cosecha hasta su comercialización influyen directamente en la prevención o propagación de lesiones mecánicas que contribuyan a la generación de microorganismos patógenos que degraden la calidad de los frutos. Lo anterior indica que aunque se realizó una selección de las fresas exentas de lesiones mecánicas para la realización de este estudio, las condiciones de transporte no fueron las adecuadas y por lo tanto tampoco su envase y/o embalaje; por otro lado la presencia de coliformes en el inicio del almacenamiento se atribuye a que éstos son microorganismos que se encuentran en el medio y se propagan fácilmente; los coliformes se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, es decir, homeotermos; ello facilita que un gran número de ellos se introduzca al ambiente por las heces de los humanos y animales, por lo que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente se deduce que son de origen fecal, aunque existen muchos coliformes de vida libre (Beuchat *et al.*, 1998).



Al inicio del almacenamiento y en la etapa final se presentó un incremento de coliformes hasta una cantidad incontable debido a que las fresas sin recubrimiento comestible siguieron generando nutrientes benéficos para la proliferación de éstos, es decir, su estructura al perder turgencia permitió la liberación de agua, y concentraciones elevadas de solutos, por ejemplo, los azúcares pueden atraer vapor de agua y en consecuencia formar gotículas sobre la superficie dañada. Estas gotículas siguen aumentando de volumen y continúa saliendo producto osmótico de los tejidos dañados, por lo que se facilita el crecimiento microbiano, debido a la disponibilidad de agua libre y nutrientes (Wills *et al.*, 1999). Mientras que las fresas con recubrimiento no reportaron presencia de hongos.

El deterioro microbiano de un alimento se manifiesta habitualmente por alteraciones en el aspecto exterior, textura, color, olor y sabor o por la aparición de mucosidades. Visiblemente apreciamos cambios de color, formación de bolsas de gas o hinchamiento y proliferación microbiana, especialmente de hongos. El deterioro de los productos alimentarios suele implicar su reblandecimiento y su descomposición que lleva a la formación de compuestos que tienen olores y sabores diferentes de los productos originales. Castro del Campo *et al.* (2004) determinaron que el desarrollo de *E. coli* no es inhibido por las temperaturas de almacenamiento pues observaron una mayor sobrevivencia de *E. coli* en rebanadas de fresa que en el fruto completo en donde la concentración de este patógeno fue mayor a 4°C que a 25°C.

Existen diversos tipos de hongos patógenos capaces de iniciar una infección en la superficie de las partes florales y en las frutas sanas en desarrollo. La infección se detiene después y permanece latente hasta que la resistencia del hospedador se vea disminuida y las condiciones sean más favorables al desarrollo de agentes patógenos; por ejemplo, cuando la fruta comienza a madurar organolépticamente, o cuando se produce el envejecimiento tisular. Banwart (1992) indica que estas infecciones latentes ofrecen gran importancia en relación con las pérdidas sufridas en bayas que pueden ser el resultado de la deshidratación, decoloración y exceso de maduración, esponjamiento, deterioro, enmohecimiento o corrupción de la fruta. Las bayas son dañadas principalmente por *Botrytis cinerea* y *Mucor mucedo*. Sin embargo, ciertos hongos son dominantes en bayas específicas, en diversos momentos de la producción, recolección y almacenamiento.



Otros microorganismos evaluados en las ‘fresas listas para consumir’ fue la presencia de hongos y levaduras al inicio y al final del almacenamiento. Las fresas sin recubrimiento presentaron una cuenta de 36 UFC/g, al inicio del almacenamiento mientras que las fresas con recubrimiento en las diferentes concentraciones de gelatina y tiempos de inmersión no se detectaron presencia de hongos y levaduras, esto se le atribuye al efecto por la aplicación del recubrimiento comestible ya que, éste presenta una barrera física, además proporcionó una barrera a la transferencia de vapor de agua. En el transcurso del almacenamiento, las fresas sin recubrimiento comestible mostraron un incremento de 8 veces más con respecto al inicio, mientras que las fresas tratadas siguieron sin presencia de hongos.

De acuerdo a los resultados anteriores se puede deducir que el tipo y concentración de antimicrobiano (ácido acético) utilizado en la formulación del recubrimiento comestible fue efectivo ya que no alteró los parámetros de calidad y evitó la invasión fúngica en las fresas, ya que la concentración de 0.5% de ácido acético ejerció una acción antimicrobiana al penetrar en la pared celular y desnaturalizar las proteínas del plasma celular de los microorganismos, por lo que se extendió la vida útil de las fresas tratadas proporcionando calidad y seguridad para el consumidor. Además, al tratarse de un producto ‘listo para el consumo’, en las operaciones realizadas durante la elaboración como son la eliminación del pedúnculo y la desinfección de las fresas, permitieron disminuir la carga microbiana procedente del campo, ya que el pedúnculo es un conducto donde se alojan impurezas, principalmente tierra, heces fecales, entre otras.

Los alimentos listos para consumir que presentan valores de pH y actividad de agua (a_w) altos (pH de 4.6 y a_w de 0.85) son considerados como alimentos altamente perecederos si no se realiza ningún proceso de conservación. Hay que destacar que la mayoría de los frutos presentan un pH ácido que supone un factor protector frente al ataque de los microorganismos. Sin embargo, hay otro tipo de fruto como el melón, la papaya, el aguacate y el caki que presentan un pH alto (pH de 5.3) semejante al de las hortalizas, que los hace más susceptibles al ataque microbiano (Wiley, 1999).



Aunque no existe una temperatura ideal para el almacenamiento de todos los productos hortofrutícolas, por que sus respuestas a las bajas temperaturas son muy diversas, por lo que es necesario considerar los procesos físicos tales como la transpiración, reacciones fisiológicas, lesiones de frío, así como el período de almacenamiento que se precisa, la temperatura a la que se almacenaron las fresas fue óptima ya que contribuyó a descender y disminuir el ritmo del deterioro, es decir, la calidad alta se mantuvo más tiempo con respecto al control y por lo tanto fue un factor que coadyuvó a alargar la vida útil de éstos frutos.

5.9.1 Evaluación del Índice de decaimiento en ‘fresas listas para consumir’.

La enfermedad causada por *Botrytis cinerea* posiblemente sea una de las más comunes y ampliamente distribuida hacia los cultivos, afectando indistintamente a hortalizas y frutas. El hongo ataca a un amplio número de especies vegetales y puede comportarse tanto como parásito como saprófito. El hongo produce un moho de coloración grisáceo sobre los tejidos afectados, de ahí su denominación coloquial de podredumbre gris. Para su desarrollo necesita una elevada humedad relativa (la óptima es de 95%), mientras que las temperaturas bajas, hasta de 0°C favorece su crecimiento (Mitchel *et al.*, 1996).

La podredumbre gris puede afectar cualquier parte del vegetal, en algunos casos esta enfermedad es capaz de atacar hasta el 95% del fruto después de 48 horas de haber sido cosechados. Debido a su gran polifagia, puede afectar a una gran cantidad de especies cultivadas: fresa, judías, tomate, vid, cítricos, platanera, etc., igualmente ocasiona pudriciones blandas secundarias en frutas y hortalizas almacenadas (González, 2005).

El índice de decaimiento se evaluó utilizando una escala del 1 al 5, donde 1 (no hay daño en el fruto), 2 (daño < al 25%), 3 (daño > al 25% y < al 50%), 4 (daño del 50-75%) y 5 (daño del 75-100%). Se presentó el ataque fúngico en las fresas sin recubrimiento comestible hasta el quinto día de almacenamiento obteniéndose un valor de 1.6, que de acuerdo a la escala registra un daño menor al 25% en la estructura de las fresas. En el sexto día las fresas sin recubrimiento presentaron un daño mayor al 25%, aunque no rebasó el 50%; sin embargo a partir del



séptimo día y hasta el final del almacenamiento, el daño fue superior al 50% del fruto ya que registró valores de 3.6, 4.25 y 4.97 para el 7°, 8° y 9° día, lo que indicó que las fresas sin recubrimiento perdieron su calidad al ser atacadas por hongos. En contraste las fresas con recubrimiento comestible en ninguna de sus condiciones de aplicación mostraron invasión fúngica; esto indica que el recubrimiento comestible mostró alta efectividad en la inhibición del crecimiento de éste hongo así como la presencia de otros microorganismos ofreciendo una barrera protectora por efecto de la modificación de la atmósfera en estos frutos tan perecibles.

Un aspecto muy importante en la inhibición de ataque fúngico a las fresas fue la desinfección que éstas recibieron antes de aplicar el recubrimiento comestible por lo que se pudo comprobar la efectividad del desinfectante comercial elaborado a base de cloro. Otro factor que le confirió propiedades benéficas a la aplicación del recubrimiento fue el envasado en PET, ya que el envasado es una técnica que va aumentando su importancia, pues ofrece distintas características deseables para su utilización en productos frescos, otra ventaja fue que el tipo de envase utilizado minimizó la deshidratación de las fresas ya que esta es una causa importante de alteración de los productos teniendo un impacto sustancial en la microflora de las frutas.

El objetivo general de aplicar esta tecnología es tener una composición de gases con efecto antimicrobiano, por lo que distintos autores refieren el efecto beneficioso del empleo de atmósferas modificadas en frutos cortados como rodajas de kiwi (Agar *et al.*, 1999), manzana ‘*fuji*’ y ‘*golden delicious*’ (Soliva y Belloso, 2001), melocotón, nectarina, pera, cubos de mango (Gorny *et al.*, 1999), melón y sandía (Bai *et al.*, 2001).

La aplicación de recubrimientos comestibles es una de las principales herramientas que se utiliza para el control microbiológico principalmente utilizados en este tipo de hongo. Brackett (1997) reporta que una alternativa para combatirlo es la utilización de microorganismos antagonistas (principalmente bacterias, antimonicetos, levaduras y hongos) que en diferentes cepas tienen la capacidad de producir ciertos compuestos con actividad fungicida y/o fungistática: proteasas,



quitinasas, antibióticos, toxinas fúngicas, metabolitos antifúngicos, etc.; estas sustancias resultan tóxicas para ciertos hongos, impidiendo su crecimiento y propagación.

Para este estudio, se sugiere que la humedad relativa utilizada también influyó de manera directa en el control de este parámetro, ya que solamente la mayor parte de los hongos dejan de crecer cuando la humedad se reduce alrededor del 90% y sólo unos pocos pueden multiplicarse a una humedad relativa de 85%, pues a humedades más bajas, las esporas no germinan aunque en la herida de los frutos exista suficiente agua libre para permitir su germinación (Grierson, 1998).

5.10 Determinación de la actividad enzimática de Pectinliasa en ‘fresas listas para consumir’.

Para determinar el efecto de la aplicación del recubrimiento comestible en los cambios en la firmeza de la fresa, se evaluó la actividad enzimática de la pectinliasa, enzima involucrada en la degradación de la pared celular en frutos. La pectinesterasa (PE), pectinliasa (EC 4.2.2.10), la poligalacturonasa (PG) y las celulasas (CE) son enzimas implicadas en la degradación de la pared celular y tienen un importante papel en la maduración de la fruta.

Para determinar el pH óptimo, sustrato y temperatura óptima de la actividad de la pectinliasa se evaluó la actividad en diferentes condiciones. En la figura 56 se muestra la actividad de la enzima pectinliasa evaluada a diferentes valores de pH, así como con diferentes sustratos para fresa sin recubrimiento comestible.

Como se puede observar, se encontró actividad a pH de 7.5 solamente cuando se utilizó pectina de manzana como sustrato, registrándose una actividad de 122 μ abs /Kg PF, por lo que cabe mencionar que el tipo de sustrato a diferentes valores de pH influye directamente en la actividad enzimática. Se encontró mayor actividad a pH de 8.5 con un valor de 316 μ abs/Kg PF; sin embargo la máxima actividad (367.6 μ abs/Kg PF) registrada fue a pH de 9.5 y pectina de manzana como sustrato. Por tanto, las condiciones óptimas para la detección de la actividad PL en fresa se establecieron a pH = 9.5 y pectina de manzana como sustrato a una temperatura de incubación de 37°C.

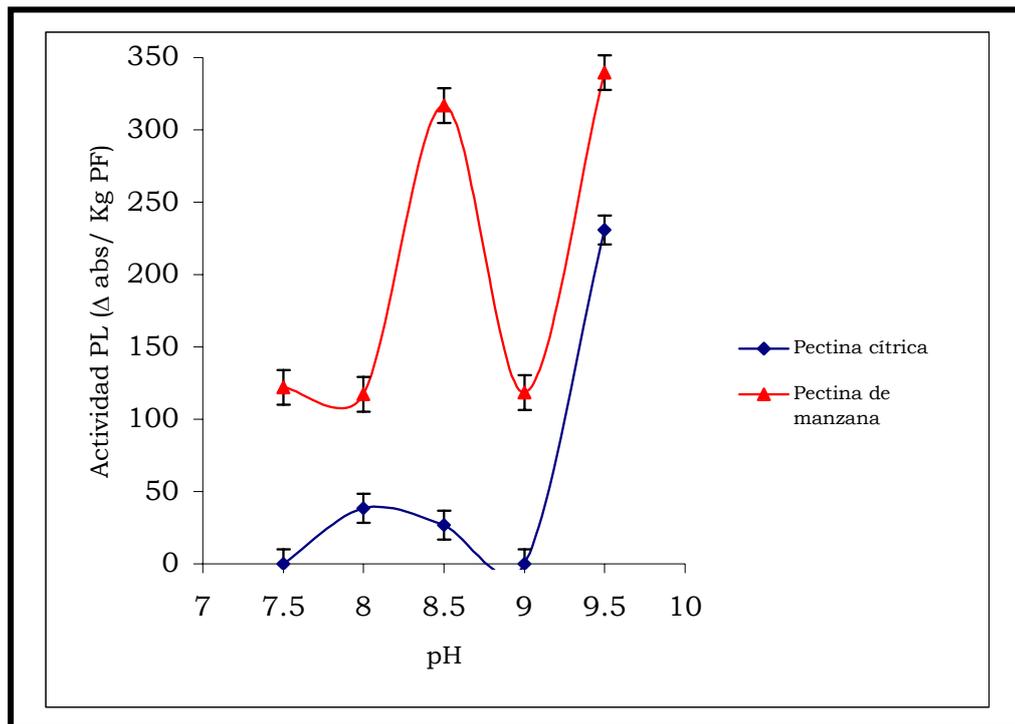


Figura 56. Efecto del sustrato y pH en la actividad de pectinliasa en fresa sin recubrimiento comestible con temperatura de incubación = 37°C *.

* No se detectó actividad incubando a 30°C.

Otro trabajo sugiere que, los niveles de pectinesterasa en fresa aumentan conforme a la poligalacturonasa que participan en la degradación de la pared celular, lo que podría significar que la pectinesterasa tiene un papel importante en la maduración de la fresa. Sin embargo, la pectinliasa puede ser otra enzima pectinolítica importante en la pérdida de firmeza de este fruto.

Una vez obtenidas las condiciones óptimas, se prosiguió a determinar la actividad la pectinaliasa en fresas con recubrimiento comestible a lo largo del almacenamiento a 5°C y 85% HR.

En la tabla 13 se muestra que las fresas sin recubrimiento presentaron una actividad de pectinliasa en el inicio del almacenamiento con un valor de 19.97 \square abs/Kg PF, demostrando que en las fresas tratadas no se detectó actividad. Para el quinto día de almacenamiento, se observó una actividad Pectinliasa máxima

para todos los frutos, debido a que en ese momento la enzima presentó su máxima actividad provocando una mayor degradación de la pared celular en todos los



frutos; sin embargo, en los frutos sin recubrimiento se presentó de 1.5 a 4 veces mayor actividad con respecto a los tratamientos, por lo que cabe mencionar que el recubrimiento tuvo efecto benéfico ya que provocó una disminución en la respiración de las fresas y en el metabolismo en general. Al finalizar el almacenamiento se observó que la actividad decreció en todas las fresas y que las tratadas al 3% de gelatina presentaron una menor actividad enzimática con respecto al control y al resto de los tratamientos. Se sugiere que el descenso de la actividad enzimática fue debido al agotamiento de las sustancias pécticas disminuidas con el aumento de la madurez en las fresas.

El debilitamiento de las paredes celulares asociado con la maduración se correlaciona con un incremento en la actividad celulasa y pectinesterasa, que catalizan la hidrólisis de la celulosa y la pectina, los principales componentes de la pared celular. La degradación de las sustancias pécticas, se acelera después de la maduración, el contenido de pectatos y pectinatos solubles aumenta, mientras que disminuye el contenido total de sustancias pécticas (Díaz-Sobac *et al.*, 1997). Por tal motivo, se intentó relacionar los cambios de firmeza presentados en los frutos con la actividad de la pectinliasa.

La actividad de la pectinliasa muestra efecto sobre la firmeza de los frutos, esto se muestra en la figura 57 en donde se observa que la actividad de la pectinliasa se incrementó y la firmeza disminuyó tanto en las fresas con recubrimiento como en los frutos sin tratamiento. Estas presentaron mayor actividad de pectinliasa disminuyéndose drásticamente la firmeza, cuando la máxima actividad se registró (339.84 μ abs/Kg PF), la firmeza se encontró en 1.31 Kg/cm², posteriormente se observó un descenso en la actividad de pectinliasa a un valor de 19.97 μ abs/Kg PF para un valor en la firmeza de 1.03 Kg/cm² por lo que, para este valor el control había perdido la firmeza necesaria para ser aceptable y confiable para el consumidor.

Tabla 13. Cambios en la actividad de Pectinliasa en ‘fresa listas para consumir’ durante su almacenamiento a 5°C y 85 % HR.



Tiempo de Almacenamiento	1 ^{er} DIA	5 ^o DIA	9 ^o DIA
Tratamiento	Actividad PL ($\square\square$abs/Kg PF)		
Control	19,97 \pm 2.79	339,84 \pm 12.17	229,96 \pm 4.19
1% 1 min	ND	140.42 \pm 12.44	55,27 \pm 15.74
1% 5 min	ND	179,60 \pm 4.85	80,01 \pm 1.57
1% 10 min	ND	186,96 \pm 40.46	103,11 \pm 6.44
2% 1 min	ND	172,09 \pm 15.87	141,30 \pm 4.85
2% 5 min	ND	228,03 \pm 3.34	87,70 \pm 3.04
2% 10 min	ND	233,61 \pm 8.34	161,47 \pm 5.04
3% 1 min	ND	128,95 \pm 5.75	72,77 \pm 6.64
3% 5 min	ND	111,94 \pm 0.93	70,83 \pm 1.41
3% 10 min	ND	80,45 \pm 3.42	45,01 \pm 2.21

ND = No se detectó actividad enzimática; PF = peso fresco

La actividad corresponde a dos réplicas \pm desviación estándar.

Las fresas con recubrimiento al 3% conservaron mayor firmeza durante el almacenamiento y en general mejores características de calidad con respecto al resto de los tratamientos, también observaron una tendencia hacia el incremento de la actividad PL, en tanto que descendía su firmeza.

Las fresas con 3% de gelatina y un minuto de tiempo de inmersión presentaron al quinto día de almacenamiento una máxima actividad de PL (128.9 \square abs/Kg PF), mientras su firmeza fue de 1.46 Kg/cm², mientras que las fresas tratadas al 3% y 10 minutos de inmersión presentaron una menor actividad PL (80.45 \square abs/Kg PF) y una firmeza de 1.5 Kg/cm²; en el tiempo de inmersión de 5 minutos, la máxima actividad registrada fue de 111.94 \square abs/Kg PF y la firmeza fue de 1.56 Kg/cm², esto indica que las fresas con estos últimos tratamientos fueron más firmes que el primer tratamiento se mantuvo este comportamiento hasta el final del almacenamiento, ya que para el tratamiento de un minuto de inmersión cuando la actividad descendió a 72.77 \square abs/Kg PF la firmeza fue de 1.25 Kg/cm², en tanto que para 5 minutos de inmersión el descenso de la actividad fue de 70.83 \square abs/Kg PF para un valor de firmeza de 1.36 Kg/cm², mientras que para 10 minutos de inmersión el valor obtenido fue de 45.01 \square abs/Kg PF y su firmeza de 1.31 Kg/cm².

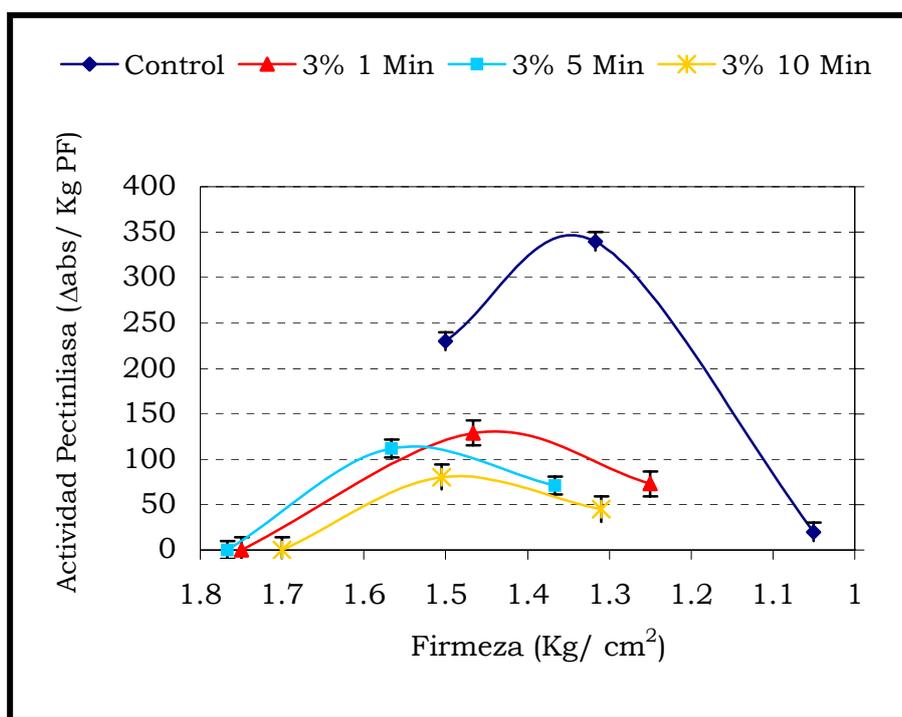


Figura 57. Cambios en la firmeza y la actividad de Pectinliasa en fresa durante el almacenamiento a 5°C y 85% HR. La desviación estándar se representa en barras verticales.

La aplicación del recubrimiento comestible logró la reducción de la actividad enzimática de pectinliasa en un 69 % para el tratamiento de gelatina al 2% y 10 minutos de inmersión, notándose un mejor efecto para las fresas tratadas con gelatina al 3 % en un tiempo de inmersión de 10 minutos, ya que se redujo la actividad en un 76.32% con respecto a la máxima actividad presentada en las fresas sin recubrimiento al quinto día de almacenamiento.

Al aplicar otras tecnologías postcosecha se ha reportado un efecto en otras de las enzimas relacionadas con la degradación de la pared celular, la PE la cual incrementó en los frutos tratados térmicamente mostrando mayor cantidad de pectina soluble que el control además, la aplicación del tratamiento térmico afectó la solubilización de pectinas y hemicelulosas (Vicente *et al.* 2005).

En otros trabajos se ha observado que la actividad de varias enzimas degradativas en ciertos frutos, muestran una rápida declinación de la firmeza durante el almacenamiento. La actividad de Pectinesterasa decreció en mango, guayaba y



fresa, pero su actividad incrementó a la mitad del almacenamiento, aunque el grado de esterificación de la pectina fue decreciendo. La actividad de Poligalacturonasa para los tejidos de estos frutos incrementaron marcadamente durante el almacenamiento, los cambios en las actividades de estas enzimas se vieron reflejadas en una reducción de la firmeza y una reducción en la cantidad de ácido anhidro galacturónico y el contenido de celulosa durante el almacenamiento (El- Zoghbi, 1994). Se observó que la aplicación del recubrimiento comestible en fresas logró la reducción de la actividad pectinliasa, pues sí hubo presencia de ésta en todos los frutos, sin embargo esta fue significativamente inferior con respecto a la actividad pectinliasa correspondiente a los frutos control. Las condiciones de almacenamiento (5°C y 85% HR.) influyeron en la baja actividad presentada, reflejándose en una mayor retención de firmeza en las fresas tratadas atribuyéndose principalmente este efecto a la barrera ofrecida a la transferencia de gases por el recubrimiento comestible.



6. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

-  La aplicación de gelatina como recubrimiento permitió el desarrollo de un efectivo método de conservación que prolongó la vida útil de la fresa en fresco hasta 9 días, a partir de un componente comestible, lo que permitió un aumento en el contenido de proteínas del producto y un método alternativo para preservar la calidad de este fruto.

 -  La selección de la formulación adecuada del recubrimiento comestible se determinó por su efecto en la calidad de las fresas. La concentración de gelatina (1, 2 y 3%) presentó un efecto significativo en los parámetros de calidad, mientras que los tiempos de inmersión (1, 5 y 10 minutos) utilizados para la aplicación del recubrimiento no afectaron la calidad del producto. El recubrimiento comestible estuvo compuesto por: gelatina, surfactante y ácido acético.

 -  La concentración del ácido acético fue un factor importante en la formulación del recubrimiento, ya que a altas concentraciones (5%) utilizado para la conservación de fresas a granel, se presentó un efecto antifúngico, pero un efecto negativo en el color, firmeza, acidez, pH, pérdida fisiológica de peso, mientras que a concentraciones bajas (0.5%), en las fresas listas para consumir, se presentó un efecto benéfico en la preservación de su calidad sin afectar los parámetros estos parámetros: pH, acidez, color y pérdida de peso.

 -  Se desarrollaron tres presentaciones para las fresas con recubrimiento comestible: conservadas a granel, en envases perforados de PET y 'listas para consumir', siendo esta última presentación la que proporcionó mayores ventajas.
-
-



Las fresas con recubrimiento comestible y conservadas a granel a 5°C y 85% HR, presentaron un incremento en la acidez y en el pH, así como en la pérdida de peso y color. Sin embargo, se logró disminuir la pérdida de firmeza y aumentar la vida útil del producto a 7 días.



Las fresas con recubrimiento comestible y conservadas en envases perforados de PET a 5°C y 85% HR, se vieron afectadas en sus parámetros de calidad principalmente en un incremento en la acidez y pH disminuyendo los sólidos solubles y el color. Sin embargo, estas condiciones de almacenamiento permitieron la reducción en la respiración y transpiración de los frutos, disminuyendo la pérdida de peso en un 23%, la pérdida de firmeza y aumentando la vida útil del producto por 7 días.



En las fresas 'listas para consumir' conservadas a 5°C y 85% HR, se logró retrasar la senescencia del fruto mediante la modificación de la atmósfera que lo rodea a través de la aplicación de una película comestible que actuó como barrera al oxígeno y la humedad aumentando la vida útil de las fresas a 9 días, evitando la pérdida de firmeza y peso, así como mejorando la calidad. El tratamiento no afectó los parámetros de calidad como pH, acidez, sólidos solubles y permitió mantener el color de la fresa, además de obtenerse un producto inocuo y 'listo para consumir'.



La enzima Pectinliasa estuvo relacionada con los cambios de la firmeza de las 'fresas listas para consumir' durante el almacenamiento y se determinó que las condiciones óptimas para la detección de su actividad fueron a pH de 9.5 con una temperatura de incubación de 37°C utilizando como sustrato pectina de manzana; la aplicación del recubrimiento comestible redujo significativamente su actividad reflejándose en una pérdida de firmeza 79% menor con respecto a las fresas sin recubrimiento comestible.



7. RECOMENDACIONES

- ✓ Se sugiere, el estudio del efecto de la aplicación del recubrimiento comestible a base de gelatina en otras variedades de fresa tales como: ‘ tioga’, ‘ pico de pájaro’, etc. para mejorar su calidad poscosecha debido a que se trata de un producto altamente perecedero con grandes pérdidas poscosecha.
 - ✓ Determinar el efecto de la aplicación del recubrimiento comestible evaluando los cambios en los antocianos, pigmentos responsables del color característico de las fresas así como los cambios en el contenido de vitamina C a lo largo del almacenamiento.
 - ✓ Determinar la actividad de la enzima Pectinesterasa y Poligalacturonasa así como establecer su relación con la Pectinliasa, el contenido de pectina y las pérdidas de firmeza en fresa.
 - ✓ Evaluar el efecto de otros conservadores en la formulación del recubrimiento comestible a base de gelatina tales como: ácido cítrico, propiónico, benzoico o sódico.
 - ✓ Estudiar las propiedades mecánicas del recubrimiento comestible a base de gelatina como: la permeabilidad al vapor de agua, al etileno, el dióxido de carbono, oxígeno y la estabilidad térmica.
 - ✓ Estudiar la utilización de materias primas de diferente origen en la formulación de recubrimientos comestibles para su aplicación en fresa: otras proteínas como la zeína o soya, proteínas de leche y gluten de trigo; polisacáridos como la pectina, carragenanos y almidones, así como algunos lípidos como la cera de abeja, carnauba, candelilla y cera de salvado de arroz en el aumento de la vida útil de la fresa almacenándola en refrigeración.
-
-



- ✓ Comprobar la efectividad del recubrimiento comestible a base de gelatina, sobre otros frutos de importancia económica que manifiesten una vida poscosecha corta.

 - ✓ Realizar una evaluación sensorial estableciendo una escala subjetiva, enfocándose a los parámetros físicos: color, sabor, textura y aroma, para establecer la aceptabilidad de ‘las fresas listas para consumir’.

 - ✓ Realizar un estudio microbiológico específico en las ‘fresas listas para consumir’ mediante la determinación de coliformes fecales y patógenos como *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella sp*, *Vibrio cholerae* para asegurar la inocuidad de este producto.
-
-



8. REFERENCIAS.

1. Abu-Bark, A.; Goukh, A. y Bashir, A. (2003). Changes in pectic enzymes and cellulase activity during guava fruit ripening. *J. Food Chemistry*, **83**: 213-218.
2. Acosta, R. M.; Neito, A. D.; Mena, N. G.; Vaquera, N. V.; Teliz, O. y Nieto, A. R. (2000). Effect of postharvest temperatures on the development on internal darkening in mango fruits (*Mangifera indica* L.) cv. Haden and their quality. *Horticulture*, **509**: 401-4012.
3. Adams, A.M.; Eslava, P.A. y Benito, P.E (1995). Factores de patogenicidad de *Botrytis cinerea*. *Rev. Iber. Micol.* **17**: 43-46.
4. Addy, S. (1996). *Manejo Postcosecha y Procesamiento de Frutas y hortalizas*. Acribia. Zaragoza, España. 510 pp.
5. Agar, I. T.; Massantini, R.; Pierce, B. y Kader, A.A. (1999). Postharvest CO₂ and ethylene production and quality main tenance of fresh-cut kiwifruit slices. *J. Food. Science*, **64**: 433-440.
6. Aguilar, G. (1986). Aplicación del cultivo alimentado en la producción de pectinasas extracelulares de *Aspergillus sp.* y estimulación por adición de ácido galacturónico y glucosa. Tesis de Maestría. Instituto de Investigaciones Biomédicas. UNAM.
7. Aina, J.O. y Oladunjoye, O. (1993). Respiration, Pectolyc Activity and Textural Changes in Ripening African Mango (*Irvingia gabonesis*) Fruits. *J. Sci. Food Agric*, **63**:451-454.
8. Alcántara, G.L. (2004). Recubrimientos Comestibles. Efecto sobre la vida de anaquel. *Rev. Salud Pública y Nutrición*, Jun. **6**: 24-25.
9. Aleixandre, J.L. (1999). *Industrias Agroalimentarias*. Universidad Politécnica de Valencia. Libro docente. SPUPV. 1023 pp.
10. Allen, L.; Nelson, J. y Steinberg, M.P. (1993). Edible corn-carbohydrate food coatings. Evaluation on fresh products. Mc Grill. *J. Food Technol*, **17**: 104-108.
11. AO.A.C.(1994). Association of the official Analytical Chemistry. *Official Methods of analysis*. 14th USA. Edition. 234-247 pp.
12. Arbo, O. (2001). *Enciclopedia Mexicana de Agricultura*. 3^a . Ed. Acme. México. 458 pp.
13. Arroyo, M. (1998). Inmovilización de enzimas. Fundamentos, Métodos y Aplicaciones. *Ars. Pharmaceutica*, **39** (2): 23-39
14. Arthey, D. y Ashurst, P.R. (1997). *Procesado de frutas*. 2^a Ed. Acribia. Zaragoza, España. 297 pp.



-
-
- 15.** Assis, O.G. y Pessoa, J.D. (2004). Preparation of films of chitosan for use as edible coatings to inhibit fungal growth on sliced fruits. *Braz. J. Food Technol.*, **7**(1):17-22.
- 16.** Astiasarán, A.I. y Martínez, H.A. (2000). *Alimentos, composición y propiedades*. McGraw- Hill. Madrid, España. 364 pp.
- 17.** Awad, M. y Young, R. E. (1989). Postharvest variation in cellulase, polygalacturonase, and pectinmethylesterase in avocado (*Persea americana* Mill, cv. *Fuerte*) Fruits in relation to respiration and ethylene production. *Plant Physiol.*, **64**: 306-308.
- 18.** Badui, D. S. (1994). *Química de los alimentos*. 3ª. Pearson Educación. México. 646 pp.
- 19.** Bai, J.; Nicholas, L. y Guadix, A. (2001). Recubrimientos comestibles: características formación y efecto sobre la calidad postcosecha de frutos y vegetales. *J. Food Process. Preserv.*, **44**: 1064-1069.
- 20.** Baldwing, E. A.; Nisperos-Carriedo y Baker, R. A. (1995). Edible coating for lightly processed fruit and vegetables. *Hortscience*, **30** (1): 35-40.
- 21.** Banker, G.S. (1996). Film coating theory and practice. *J. Pharm Sci.*, **55**:81-89.
- 22.** Banwart, J. (1992). *Microbiología básica de los alimentos*. Ed. Bellaterra España. 436 pp.
- 23.** Barmore, C.R. (1987). Packaging Technology for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *J. Food Quality*, **10**: 207-217.
- 24.** Batta, F.; Gopal, N. y Hall, C. (1991). Effective disease control in heat disinfested fruit. *Postharv. New inform.*, **4**: 35-40.
- 25.** Belitz, H.D. (1997). *Química de los alimentos*. 2ª ed Acribia Zaragoza España. 1087 pp.
- 26.** Benarde, M.A.; Snow, W. B.; Olivieri, P. y Davidson, B. (1997). Kinetics and mechanism of bacterial disinfection by chlorine dioxide. *Appl. Microbiol.*, **15**: 2167.
- 27.** Bennet, A.B. y Fisher, R.L. (1991). Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*, **42**: 675-703.
- 28.** Berrang, M.E.; Brackett, R.E. y Beuchat, L.M. (1989). Growth of *Aeromonas hydrophila* of fresh vegetables stored under a controlled atmosphere. *Environm. Microbiol.*, **57**: 231-242.
- 29.** Beuchat, L.R. (1998). Surface contamination of fruits and vegetables eaten raw: A review. World Health Organization. WHO/FSF/FOS/98.2 Disponible en: www.who.int/fsf/fos.pdf



-
-
- 30.** Blond, G.; Colas, B.; Floquet, N. y Martín-Polo, M. (1992). Hydrophilic film and their efficiency against moisture transfer. 2. Influence of the physical state. *J. Agri Food Chem.*, **40**: 413-418.
- 31.** Bolin, H.R. y Huxsoll, C.C. (2005) Processing and distribution alternatives for minimally processed fruit and vegetables. *Food Technol.*, **43**:(2).123-126.
- 32.** Bosquez, M. E.; Guerrero, L. I. y Verdun, E. J. (2003). Moisture barrier properties and morphology of mezquite gum-candelilla wax based coating. *Food Res.*, **36**(10): 885-893
- 33.** Brackett, R.E. (1997). *Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. Chapman and Hall. New York, EE.UU. 300 pp.
- 34.** Brady, C. J. y O' Connell, F. (1976). On the significance of increased protein synthesis in ripening banana fruits. *Australian Journal of Plant Physiology*, **3**: 301-303.
- 35.** Braverman, J. B. (1990). *Introducción a la bioquímica de los alimentos*. El Manual Moderno. México. 358 pp.
- 36.** Brecht, A.; Jeffrey, K.; Nuñez, M.A. y Steve, S. (2005). Effect of controlled atmosphere on storage of tomatoes harvested at breaker stage. *Journal of Food Science*, **70**: 105-111.
- 37.** Breet, B.; Martin, L. y Greg. A.T. (1996). Las formas múltiples de Pectinesterasa en tomate y otros frutos. *Biología Molecular de la Planta*, **25**: 313-318.
- 38.** Bureau, G. y Multon, J.L. (1995). *Embalaje de los alimentos de gran consumo*. Acribia, Zaragoza, España. 259 pp.
- 39.** Burrige, B.; Los, M. y Tucker, G. A. (1996). Las formas múltiples de pectinesterasa presentes en el tomate otras frutas. División de Bioquímica alimenticia. Disponible en: <www.brettb.com/PE_totslpe.asp>
- 40.** Buta, J.G. (1998). Methyl jasmonate extends shelf life and reduces microbial contamination of fresh-cut celery and peppers. *J. Agric. Food Chem.*, **46**:1253.
- 41.** Cagua, S. (1999). Recomendaciones para un manejo adecuado de sus hortalizas. *Noticias Agrícolas*. **71**:16-21. Venezuela. Disponible en : <www.ivic.ve/memoria/ensayos/cien_tec/ciencia_tecnología.htm>
- 42.** Calderón, A. (1996). *Fruticultura General*. Limusa. México. 102 pp.
- 43.** Camacho, F.; Guadix, E.; Páez, D. M. y González, T. P. (2000). Procesos tecnológicos y métodos de control en la hidrólisis de proteínas. *Ars Pharmaceutica*, **41**:79-89.



-
-
- 44.** Cano, M.; Ancos, B. y Sánchez, C. (2005). Altas presiones. Nueva alternativa para la mejora de la calidad y seguridad en vegetales frescos cortados. Simposium Nuevas Tecnologías de Conservación y Envasado de Frutas y Hortalizas. La Habana, Cuba. **22**: 45-70.
- 45.** Carbonell, X. (1990). La IV Gama I Parte. *Horticultura*, **56**: 6-44 pp.
- 46.** Carvalho, F.C. y Moure, J. (2001). Evaluación de la calidad de manzana (*Malus domestica*, cv *Golden Delicious*) utilizando coberturas comestibles. Memorias III Congreso Iberoamericano de Ingeniería en Alimentos. Tomo V. Valencia, España. 141-147 pp.
- 47.** Castro, N.; Chaldez, Q.C.; Rubio, C. W. y Valdéz, T. J. (2004). Sobrevivencia de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* en frutos mínimamente procesados. *Revista Cubana Salud Pública.*, **1**: 13-15.
- 48.** Cavieres, R.; Escobar, E.; Román, J. y Rivas, G. (2005). Efecto del uso de cera de candelilla en pomelos para aumentar su vida útil. *Ciencia y Tecnología de los alimentos*, **37**: 69-73
- 49.** Cemeroglu, B.; Yemenicioglu, A. y \sqrt{z} kan, M. (2001). *Composition of Fruits and Vegetables; Cold Storage*. Ankara University Publish House. Ankara. 241-243 pp.
- 50.** Certel, M.; Uslu, M. K. y Feramuz, O. (2004). Effects of sodium caseinate- and milk protein concentrate- based edible coating on the postharvest quality of bing cherries. *J. Sci. Food Agric.*, **84**: 1229-1234.
- 51.** Chien, P.J.; Sheu, F. y Feng- Hsu, Y. (2005). Effects on edible chitosan coating on quality and shelf-life of slice mango fruit. *Journal of Food Engineering*, **37**:1-6.
- 52.** Chitarra, M. I.; Chitarra, A. B. y Lima L. C. (1999). Changes Wall Compounds. *Horticulture*, **485**: 91-96.
- 53.** Coates, L. y Johnson, R. (1993). Postharvest diseases of horticulture produced. *Hort. Tropical fruits*, **2**:477-489.
- 54.** Comercio Exterior (2004). Sumario Estadístico Participación de Importadores.
- 55.** Coordinación General de Comunicación Social, Guanajuato (1997). Disponible en: <www.guanajuato.gob.mx>
- 56.** Cruz, I. y Flores, A. (1987). Envases listos para usarse como una alternativa de conservación para hortalizas frescas. Tesis de Ingeniería en alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.
- 57.** Cruz, L.; Jacxsens, L.; Siro, I.; Devlieghere, F. y Debevere, J. (2005). Pérdidas por hongos y otros daños en frutos envasados en Atmósfera Modificada. *J. Food Sci.*, **4**: 16-22.



- 58.** Cruz, C. y Pérez, C. (1998). Evaluación del efecto conservador y antimicótico de la película de quitosán en la vida útil de mango (*Mangifera L. Indica*), variedad Haden. Tesis de Ingeniería en alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.
- 59.** Darvil, A.; Mcneil, M.; Albertsheim, P. y Delmer, D. P. (1994). The primary Cell Walls of Flowering Plant. *Biochemistry of Plants*, **49**: 33-37.
- 60.** Davies, D. (1998). Physiology of metabolism. *Biochem. of Plants*, **12**: 479-523.
- 61.** Del Valle, V.; Hernández, M.P.; Guarda, A. y Galotto, M. J. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *J. Food Chemistry*, **91**: 751-756.
- 62.** Delgado, F.K. (1993). Obtención *in situ* de Pectina Cruda de Bajo Metoxilo de Pulpa de Manzana con una PE fúngica. Departamento de Investigación de Alimentos. Saltillo, Coahuila, México. Disponible en: www.uson.mx/dipa/resúmenes/INEXTENSOS/extras/archivo3.pdf
- 63.** Diab, T.; Costas, G.; Dimitris, G y Evangelos, S. (2001). Physicochemical properties and application on pullulan edible films and coatings in fruit preservation. *Food Agri.*, **81**: 988-1000
- 64.** Díaz, J. (2001). Manual de la frutilla. Disponible en: [www.proexant.org.ec/Manual Frutilla 3.html](http://www.proexant.org.ec/Manual_Frutilla_3.html)
- 65.** Díaz-Sobac, R.; García, H.S.; Beristain, C. I y Carter, E. J. (1997). Morphology and Water Vapor Permeability of Emulsion Films Based on Mesquite gum. *J. Food Process.*, **26**: 129-141.
- 66.** Donhowe, I.G. y Fennema, O.R. (1993). The effects of plasticizers on crystallinity, permeability, and mechanical properties of methylcellulose films. *J. Food Processed Press.*, **17**: 247-257.
- 67.** Domínguez, E.; Cortés, V.; Ávila, R.M.; Olvera, L.; Vermon, J.; Bosquez, E. y Domínguez, J. (2003). Aumento de la vida postcosecha de limón mexicano (*Citrus aurantifolia Swingle*) producido en Apatzingán, Michoacán; mediante el uso de recubrimientos naturales a diferentes temperaturas de almacenamiento. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, **5** (2): 128-133.
- 68.** Duckworth, R.B.(1996). *Fruit and vegetables*, Pergamon Press. Oxford. 320 pp.
- 69.** El-Ghaouth, A.; Ponmampalam, R.; Arul, J. y Boulet, M. (1991). Chitosan Coating Effect on Storability and Quality of Fresh Strawberries. *Journal of Food Science*, **6** (56): 1618-1620.
- 70.** El- Zoghbi, M. (1994). Biochemical changes in some tropical fruits during ripening. *Food Chemistry*, **49**(1): 33-37.



-
-
- 71.** Enciclopedia Libre en Español (2005). Disponible en : Enciclopedia.us.es/index.php/Fruta
- 72.** Erbil, H. y Moftogil, N. (1996). Lengehening the Postharvest life of peach by coating with hydrofobic emulsions. *J. of Food Processing and Preservation*, **10**: 269-279.
- 73.** Evans, J.D. y Sikdar, S.K. (1990). Biodegradable plastics: An idea whose time has come. *Chem. Tech.*, **20**: 38-42.
- 74.** FAO (2006). Database. FAOSTAT. Disponible en: www.fao.org.
- 75.** FDA. (1998). Guide to minimize microbial food safety hazards for fresh fruits and vegetables. US. Food and Drugs Administration. Disponible en: www.cfsan.fda.gov/dms/prodguid.html
- 76.** Fisher, R.L. y Bennett, A.B. (1991). Annual review of Plant Physiology. *Plant Molecular Biology*, **42**: 675-703.
- 77.** Flores, G. A. (2000). *Manejo poscosecha de Frutas y Hortalizas en Venezuela*. 2ª. UNELLEZ. 187 pp.
- 78.** Flores, V. J. (2005). Obtención y uso del colágeno en la Industria Alimentaria. Tesis de Ingeniería en alimentos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. 101 pp.
- 79.** Galiotta, G. (2001). Formación y caracterización de películas en base a suero de leche. Tesis de Maestría en Química. 136 pp.
- 80.** Galiotta, G.; Fernández, V.; Ferrari, N. y Diano W. (1998). Barrier properties of films based on whey proteins as affected by plasticizers and crosskicking agents. *J. Dairy Sci.*, **81**: 3123-3130.
- 81.** Galiotta, G.; Harte, F.; Molinari, D.; Capdevielle, R. y Diano, W. (2004). Aumento de la vida útil poscosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, **6**(2): 117-123.
- 82.** García, A. N.; Martino, N.M. y Zaritzky, N.E. (1998). Starch-Based Coatings: Effect on Refrigerated Strawberry (*Fragaria ananassa*) Quality. *J. Sci. Food Agric.*, **76**: 411-42.
- 83.** Gennadios, A. y Weller, C. L. (1991). Edible films and coating from soymilk and soy protein. *Cereal Food World*, **96**: 1004.
- 84.** Gibanel, L. (1996). Atmósfera Modificada para envasado de productos alimenticios. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, **4**: 137-140.
- 85.** González, A. (2001). Morfología de la frutilla. Botánica Morfológica. Disponible en: www.biología.edu.ar./ar./botanica.pdf



-
-
- 86.** González, A. G., Gardea, A. A., Cuamea, N. (2005). *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*. COFUPRO. Jalisco, México. 558 pp.
- 87.** González, R. (2005) Grupo de las frutas, Nutrición y Bienestar. Disponible en: <www.edufuturo.com.mx>
- 88.** González, C.M.; López, H.J. y Lozano, S. (2005). Conservación de Frutas y Vegetales en Atmósfera Modificada y Liofilización. *Alimentaria*, **11**:53-58.
- 89.** Gorris, L. y Peppelenbos, H. W. (1999). Modified-Atmosphere Packaging of produce. *Handbook of Food Preservation*. Ed. Marcel Dekker. New York, EE.UU. 437 pp.
- 90.** Gorny, N.; Quezada, J. A. y Voillya. (1999). Edible films coating : Improving storage life of cut fruits. *Rev. Food Science*, **38** (4): 299-313.
- 91.** Gould, G. W. (1999). *Mecanismos of action on food preservation Procedures*. Elsevier Science Publisher. New York, 470 pp.
- 92.** Grandi, M. (2004). Cóctel de frutas La Campagnola. Disponible en: <www.regionalesmarket.com.mx>
- 93.** Greener, I. K. y Fennema, O. (1989). Evaluation of edible, bilayer films for use as moisture barriers for food. *J. Food Sci.*, **54** (6): 1400-1406.
- 94.** Grennadios, A. y Weller, C.L. (1991). Edible films and coatings from soymilk and soy protein. *Cereal Foods World*, **36**: 1004.
- 95.** Grierson, S. (1998). Germinación de esporas en la herida de los frutos. *Alimentaria*, **5**:55-60.
- 96.** Gross, K. y Walnere, A (1999). A rapid and sensitive spectrophotometric methods for assaying a polygalacturonase using 2 cyanoacetamise.
- 97.** *HortScience*, **17**: 922-934.
- 98.** Guilbert, S. y Biquet, B. (2005). Películas y envolturas comestibles. *Embalaje de los Alimentos de gran consumo*. Acribia, Zaragoza, España. 268 pp.
- 99.** Guillou, R. (1998). Fresh produce handling and distribution. *Volintees in Tecchical Assistance*, 10 pp.
- 100.** Halevy, A. H. y Mayak, S. (1999). Senescence and postharvest physiology of cut fruits. *Hort. Rev.*, **3**: 59-63.
- 101.** Hernández, Z. S. (2003). Grupo Paloma Hortofrutícola. Disponible en: <www.difrusa.export.es/productos/fresa>
- 102.** Hobson, G. y Grierson, D. (1993). Tomato. *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman y may, New York. 405 – 412 pp.



-
-
- 103.** Holcroft, A. y Kader A. (1999). Atmósferas Modificadas durante el transporte y almacenamiento de frutas y hortalizas frescas. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, **6**: 94-102.
- 104.** Horvitz, S. y López A. (2005). Atmósferas modificadas en cerezas: efecto del uso de películas comestibles y plástica. *Tecnología Agropecuaria*, **27**: 62-67
- 105.** Hoyos, R. y Urrego, L. (1997). Empaques y/o películas comestibles y biodegradables. Facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 107 pp.
- 106.** Huber, D.J. (1984). Strawberry fruit softening: the potential roles of polyuronides and hemicelluloses. *Journal of Food Science*, **49**: 1310-1315
- 107.** Huitrón, Y.L. (1991). Cloning of a xylanase gene from *Fibrobacter succionogenes* and its expression in *Escherichia coli*. *Can. J. Microbiol.*, **37**:554-561.
- 108.** Ibarra, S.M. (2005). Manejo Higiénico de los Alimentos. Revista Facultad de Salud Pública y Nutrición. Disponible en: <www.faspyn.uanl.mx/programa>
- 109.** Instituto de Agronomía y Tecnología de los alimentos. (2005). *Envases para fresas*. Valencia. Acribia. Zaragoza, España. 254 pp.
- 110.** Institute of Food Technologists. (1991). Food Packaging, food protection and the environment. *A workshop report Chicago*, **17**: 104-108.
- 111.** Jay, J.M. (1998). *Microbiología moderna de los alimentos*. Acribia. Zaragoza, España. 319 pp.
- 112.** Jiménez, B.S., Redondo, N.J., Muñoz, B.J. (2002). Manipulation of strawberry fruit softening by antisense expression of a pectate lyase. *Plant. Physio.*, **128**: 751-759.
- 113.** Kader, A.A.; Perce, J.E. y Read, P.E. (1993). *The Biology of Horticulture: An Introductory Textbook*. New York. Wiley Sons, Inc. 353-377 pp.
- 114.** Kays, S.J. (1997). *Postharvest Physiology of perishable plant products*. Exon Press, Georgia, EE.UU. 532 pp.
- 115.** Kertesz, Z. I. (1991). *The pectic substances*. Mc Graw Hill New York. 78-152 pp.
- 116.** Krochta, J. M. y Mulder - Jonson, C. (1997). Edible films biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. *Food Tech.*, **51**(2): 71-74.
- 117.** Lachief, A. (2005). Cocina a la mexicana. Disponible en: <www.espaciolatino.com.mx>
- 118.** Lago, A. (2005). La fresa, bonita por dentro y por fuera. Disponible en: <www.calidalia.com/var/calidalia/storage/image>



- 119.** Laguado, N; Pérez, E; Alvarado, C. y Marín, M. (1999). Características fisicoquímicas y fisiológicas de frutos de guayaba de los tipos criolla roja y San Miguel procedentes de dos plantaciones comerciales. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia*, **16**: 382-397.
- 120.** Lamikanra, O; Juárez, B; Watson, A. y Richard, O. (2003). Effect of cutting and storage on sensory traits of cantaloupe melon cultivars with extended postharvest shelf life. *J. Scienc. of Food and Agric.*, **83** : 702-708.
- 121.** Lee, J.Y; Park, H.J; Lee, C.Y. y Choi, W.Y. (2003). Extending shelf life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lebensm u technol.*, **36**:323-329.
- 122.** Letang, G. (1997). Frutas y hortalizas: Refrigeración y pérdida de agua. *Alimentación, equipos y tecnología*, **12** : 29-36
- 123.** Leyer, A., Nelson, L. (1993). *Principios de bioquímica*. 2^{ed} ediciones omega. Bogotá Colombia. 228 pp.
- 124.** Lima, L.C. y Vilas, B.E. (2000). Metabolismo de la pared celular durante el desarrollo de la frutilla. *Revista Iberoamericana Tecnología Postcosecha*, **3**(1):82-85.
- 125.** López, G. (1998). *Producción de fresas y fresones*. Agroguías mundi-prensa, España, 105pp.
- 126.** López, L. (2005). Envases para alimentos en fresco. Disponible en: www.envapack/displayarticle.html >
- 127.** Lowry, O.H., Randall, R.J. y Rosebrough, N.J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, **193**: 265-275.
- 128.** Lück, E.(1999). *Conservación química de los alimentos*. Acribia. Zaragoza, España. 243 pp.
- 129.** Ly- Nguyen, B., Van, L. M., Fachin, D., Verlent, I., Duvetter, T. y Hendrickx, M. E. (2002). Strawberry Pectinmethylesterase (PME) : Purification, characterization, thermal and high-pressure inactivation. *Biotechnol .Prog.*, **18** (6): 1447-1450.
- 130.** Maftoonazad, N., Ramaswamy, H. (2004). Postharvest shelf-life extension of avocados use methylcellulose-based coating, *U-Technology*, **3**: 330-338.
- 131.** Manning, K. (1993). Soft fruits. *Biochemistry of fruit ripening*. London, **2**: 3047- 373.
- 132.** Manrique, K. (2000). Nociones del manejo postcosecha. Proyecto regional de papa andina, Centro Internacional de la papa (CIP). Disponible en:
- 133.** www.cipopato.org/poipadina/documents/nocionesdemanejodepostcosecha>
- 134.** Marín, R.M., Orchard, J. Seymour, G.B. (2002). Pectate lyases, cell wall degradation and fruit softening. *J. Experimental Botany*. **53**: 2015-2119.



- 135.** Martínez, J. M., Cuquerella, J., Cuesta, M. y Cervera, L. (2004). Optimización de la Tecnología Postcosecha en frutos cítricos de Producción Integrada. IV Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas.
- 136.** Martínez, S. (2005). El control de la temperatura y la calidad de fresa y cítricos. *Jornadas agrícolas y comerciales del Monte*, **19**:12-18.
- 137.** McGregor, B.M. (1989). *Tropical Products Transport Handbook*. USDA. Office of transportation, Agricultural Handbook, 688 pp.
- 138.** McGuire, R.G. (1992). Reporting of objective color measurements, *HortScience*, **27**: 1254-1255.
- 139.** McHugh, T.H. y Krochta, J.N. (1994). Milk Protein-based edible films and coating. *Food Technol.*, **52**: 97-103.
- 140.** Medina, E. N., Cárdenas, J., Moyano, E., Muñoz, E. (1997). Cloning molecular characterization and expression pattern of strawberry ripening-specific cDNA whit sequence homology to pectate lyase from higher plants. *Plant Molecular Biology*. **36**: 867-877.
- 141.** Melín, P., Brizzi, P.; Curtis, W., Cañumir, J y Celis, J. (2005). Efecto de la aplicación de quitosán en postcosecha de frutas. *Biological Systems Engineering*, University on Nebraska. **41**: 56-60.
- 142.** Miller, L. (1959). Use of Dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem.*, **31**: 426-428.
- 143.** Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corporación Colombiana Internacional. (2002). Manual de Exportador de frutas, Hortalizas y tubérculos en Colombia. Disponible en:
- 144.** <www.cci.org.co/ManualdelExportador/Conservacempaque/transpack.htm>
- 145.** Mitchell, F.G., Mitchman, E., Thompson, J. E. y Welch, N. (1996). Handling strawberry from fresh market. Oakland, CA. Univ. Calif. *Agric. Nat.*, **2442**: 14-18.
- 146.** Mitchman, J., Crisosto, H.C. y Kader, A.A. (1996). Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha de la fresa. *Postharvest Technology*, **12**: 13-16.
- 147.** Moreiras, O.; Carbajal, A. y Cabrera, M.L. (1992). *La composición de los alimentos*. Ed. Eudema. Madrid, España. 192 pp.
- 148.** Morimura, S.; Nagatah, U.Y.; Fahmi, A.; Shigematsu, T. y Kida, K. (2002). Developed of an effective process for utilization of collagen from livestock and fish waste, *Process Biochemistry*. **3**:1403-1412.
- 149.** Morrison, Boyd. (1976). *Química Orgánica*. Fondo Educativo Interamericano. Argentina. 1154-1156 pp.
- 150.** Murray, R.K. (1992). *Bioquímica de Harper*. Carbohidratos de importancia fisiológica. 23^a ed. 164 pp.



-
-
- 151.** Namesny, A. (1999). *Post-recolección de hortalizas de fruto*. Ed. Horticultura. Barcelona, España. Vol. 3. 223 pp.
- 152.** Nguyen, C. y Carlin, F. (1994). The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Rev. Food Scienc.*, **34**: 371-401.
- 153.** Nisperos-Carriedo, M. O., Show, P. E. y Baldwin, E. A (1990). Changes in Volatile Flavor Component of Pineapple and Orange juices as Influenced by the Application of Lipid and Composite films. *J. Agri. Food Chem.*, **38**:1382-1387.
- 154.** Norma Oficial Mexicana (1987). Fruta fresca (*fragaria vesca*). Especificaciones. NMX-FF-062-1987. Disponible en: [<www.economia-cgm.gob.mx/normas/Normalizaciónhtm.>](http://www.economia-cgm.gob.mx/normas/Normalizaciónhtm.>)
- 155.** Núñez, M., Becht, J., Morais, A. y Sargent, S. (2005). Physiochemical quality characteristics of strawberry after stored are reduced by delay to cooling. *Postharvest Biology Technology*, **6**: 17-28.
- 156.** Ockerman, H.W. y Hansen, C.L. (2000). *Animal by-products processing and utilization*. Editorial Press. London. 387pp.
- 157.** Ortolá, M.D. (2000). *Apuntes de la asignatura Posrecolección de frutas y hortalizas*. Departamento de Tecnología de los alimentos. Universidad Politécnica de Valencia.
- 158.** Osborne, D.R. (1993). *Análisis de los nutrientes de los alimentos*. Acribia, Zaragoza, España. 258 pp.
- 159.** Ouattara, B., Sabato, S. F. y Lacroix, M. (2002). Use of gamma-irradiation technology in combination with edible coating to produce shelf-stable foods. *Radiation Physics and Chemistry*, **63**: 305-310.
- 160.** Pantastico, B. (1989). *Fisiología de la Posrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales*. Continental, S.A. México, D.F. 662 pp.
- 161.** Paredes, L.O. (1994). Películas protectoras para frutos. *Tecnologías de Alimentos*, **56**: (3) 987.
- 162.** Park, H.J. (1999). Development of advanced edible coatings for fruits. *J. Food Science and Technology*, **10**: 254-260.
- 163.** Parry, R.T. (1995). *Envasado de Alimentos en Atmósferas Modificadas*. Ediciones Vicente. Valencia, España. 330 pp.
- 164.** Pearson, D. (1989). *Técnicas de Laboratorio para el análisis de los alimentos*. Acribia, Zaragoza, España. 320 pp.
- 165.** Pereiro, S.M. (2004). La cuarta gama de frutas. *Horticultura Internacional*, **44**:52-54.



- 166.** Pérez-Gago, M. B., Serra, M., Alonso, M. y Mateos, M. A. (2003). Effect of solid content of whey protein isolate-beeswax edible coating on color change of fresh-cut apples. *J. Food. Sci.*, **68**: 2186-2191.
- 167.** Picado, J. (2002). Revista ambientum. Reciclado de envases Pet. Disponible en: <www.ambientum.com/revista/2002_31/ENVSPET1.asp>
- 168.** Planella, Y. (1997). *Comp. Tecnología del manejo Post- Cosecha de Frutas y Hortalizas*. IICA. Bogotá, Colombia. 242 pp.
- 169.** Pons, G. A. (2005). Combate del moho gris (*Botrytis cinerea*) de la fresa mediante *Gliocladium roseum*. *Agronomía Costarricense*, **28**(2): 73-85. Disponible en: <www.biocontrol/fresamohogris.combate.htm>
- 170.** Pope, J. (1997). Gelatin in: Imeson Alan Thickening and gelling agents for food. Editorial Blackie Academic and Profesional. London.168 pp.
- 171.** Primo, Y. E. (1997). *Química de los alimentos*. Ed. Síntesis. Madrid, España. 461 pp.
- 172.** Rivera, V.S., Martínez, S.G., Alcántara, G.L., Mercado, F.J. y López, O.M. (2002). Efecto de un recubrimiento comestible y almacenamiento refrigerado sobre la vida de anaquel de fresa. Memorias VI Congreso de Ciencias de los Alimentos. Nuevo León, México. *Revista Salud Pública y Nutrición*, **6**:24 pp.
- 173.** Robertson K.R. (1994). The genera of *Rosaceae* in the southeastern United States. *J. Arnold Arboretum*, **55**: 600-609.
- 174.** Rojas, P.E. (1979). Monografía de colágeno y sus aplicaciones. Tesis Licenciatura Química, Facultad de Química. UNAM. 69 pp.
- 175.** Rosi, G.(1996). Estructura de las plantas útiles. Disponible en: <www.botánica/plantasutiles/morfo.htm>
- 176.** Sacher, O. (1997). Postharvest physiology on fruit. *HortScience*, **8**:343-346.
- 177.** SAGARPA (2004). Disponible en : <www.sagarpa.gob.mx>
- 178.** SAGARPA (2006). Servicios de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP. Disponible en: <www.sagarpa.gob.mx>
- 179.** Saivet, M. (1982). Procedures for extracting and analyzing internal gas samples from plant tissues by gas chromatography: *HortScience*, **17**(6): 878-881.
- 180.** Salunkhe, D. (1993). *Postharvest Biotechnology of fruits*. CRC Press. Florida, USA. 352 pp.
- 181.** Salvador, A., Cuquerella, J. y Monterde, A. (2003). Efecto del quitosano aplicado como recubrimiento en mandarinas fortune. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, **5**(2): 122-127.



- 182.** Sanz, C. (2003). El control de la temperatura y la calidad de fresa y cítricos. *XIX Jornadas Agrícolas y comerciales del monte*, **3**: 12-18.
- 183.** Saucedo- Veloz, S. (1992). Influences of storage temperature a coating on the keeping quality of *Golden Delicious apples*. *Proc. Int. Soc. Citriculture*, **3**:1102-1106.
- 184.** Secretaría de Economía. (2004). Fresa: Importancia Económica. Folleto 3. Zamora- Michoacán. 12 pp.
- 185.** Segura, I. (2001). Premio Poscosecha Envasado en Atmósfera Modificada. Disponible en: <www.poscosecha.com/4gama/4p.html>
- 186.** Serra, B.N. (2000). *Actualidad dermatológica*. Colaboraciones España. 125 pp.
- 187.** Seymour, G.B., Tylor, G. y Tucker, G.A. (1993). *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman y Hall, London. 341-348.
- 188.** Sierra, M. (2004). La cuarta gama de frutas. *Horticultura Internacional de la Universidad Politécnica de Valencia*, **44**: 52-65.
- 189.** Simons, H. y Tucker, A.G. (1999). Simultaneous co-suppression of polygalacturonase and pectinesterase in tomato fruit: inheritance and effect on isoform profiles. *Phytochemistry*, **52**:1017-1022.
- 190.** Sode, F. y Kühn, B.F. (1998). Respiration in MA-Packed, cut fruits. *Journal of Food Engineering*, **37**:232 pp.
- 191.** Soliva, F. R. y Belloso, M. (2001). Envasado de los alimentos mediante recubrimiento comestibles . *Alimentaria*, **3**: 29-37.
- 192.** SSA. (2004). Normas, Métodos de Análisis, determinación y conteo. NOM-113-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa y NOM-111-SSA1-1994. Método para la cuenta de hongos y levaduras. Disponible en: <www.cofepris.gob.mx/mj/documentos/nom28.htm>
- 193.** Stewart, C. y Oparka, P. (2000). Sensitivity of spores of *bacillus subtilis* and *clostridium sporogenes* to combination on high hydrostatic pressure and other processing parameters. *Food Science Technology*, **1**: 49-56.
- 194.** Story, A. (1997). Fresh produce manual, Australia United *Fresh Fruit and Vegetables Association Ltd*. Sydney. 137 pp.
- 195.** Sudzuki, F. (1983). *Cultivo de frutales menores*. Universitaria, S.A. Santiago de Chile. 194pp.
- 196.** Suutarinen, J., Heiska, P. y Autio, K. (2000). The effects of calcium chloride and sucrose prefreezing treatments on the structure of strawberry tissues. *Lebensm-Wiss. U Technol.*, **33**: 89-102.
- 197.** Themsell Parker, M. (2000). Conservación, Empaque, Embalaje y Transporte *Produce Services Sourcebook*, **55**:(15): 151-156.



-
-
- 198.** Thompson, A.K. (1996). Postharvest Technology on fruit and vegetables, *Blackwell Scienc.* Oxford, **8**: 343-346.
- 199.** Thompson, A. (2003). *Almacenamiento en Atmósferas Controladas de frutas y Hortalizas*. Acribia. Zaragoza, España. 273 pp.
- 200.** Vaclavik, A. y Christian, W.E. (2002). *Fundamentos de ciencia de los alimentos*. Acribia, Zaragoza, España. 475 pp.
- 201.** Venegas, G., Nelson, J. W. y Buzón, S. (2002). *Maduración y calidad óptima de los frutos*. Acribia. Zaragoza, España. 310 pp.
- 202.** Verdier, M. (1999). *Cultivo del fresón en climas templados*. Ediciones Agrarias, S.A. Madrid, España. 374 pp.
- 203.** Vicente, R.A., Costa, L., Martínez, A., Chávez, R. y Civello P. (2005). Effect of heat treatments on cell wall degradation and softening in strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, **38**: 213-222.
- 204.** Wade, N.(1994). Estimation of the refrigeration capacity required to cool horticultural produce, *Int. J. Refrigeration*, **7**: 358-66.
- 205.** Weichmann, F. (1997). *Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos*. Acribia. Zaragoza, España. 330 pp.
- 206.** Wiley, C. R. (1999). *Frutas y Hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas*. Acribia. Zaragoza, España. 362 pp.
- 207.** Wills, R., Maglason, B., Graham, D. y Joyced, L. (1999). *Introducción a la Fisiología y manipulación Postcosecha de frutas y hortalizas y plantas ornamentales*. Acribia, Zaragoza, España. 230pp.
- 208.** Wooca, L. (2002). Productos de cuarta gama. Ensalada de frutas listas para consumir. Disponible en: <www.lacuartagama.postcosecha.htm>
- 209.** Woodroof, G. (1995). *Comercial fruit processing*. Industries Research Foundation. Washington. USA. 284 pp.
- 210.** Wong, D.W.S., Tillin, S.J., Hudson, J.S. y Pavlath, A. E. (1994). Gas exchange in cut apples with bilayer coatings. *J. Agric. Food Chem.*, **42**: 2278-2285.
- 211.** Xu, S., Chen, X. y Sun, D. (2001). Preservation of kiwi fruit with and edible film at ambient temperature. *J. of Food Engineering*, **50**: 211-216.
- 212.** Yaman, O. y Bayoundurlu, L. (2001). Effects of an Edible Coating and Cold Storage on Shelf-life and Quality of Cherries. *Elsevier Science Ltd.*, **35**: 146-150.
- 213.** Yamashita, J. (2003). Use of edible coating on peach. *Alimentaria*, **23**: 1-20.
- 214.** Zivas, D. (1995). *Estudio de Maduración y Almacenamiento Refrigerado de frutos*. Fitotecnia Latinoamericana, México. 351 pp.



9. ABREVIATURAS

ABS= Absorbancia

C = Cromo

°C = Grado centígrado

cm = Centímetro

cv = variedad

g = gramo

h = hora

ha = Hectárea

HCl = Ácido clorhídrico

HR = Humedad Relativa

Kg = Kilogramos

kPa = Kilo pascales

L = Luminosidad

l =Litro

M =Molaridad

mg = miligramos

min = Minutos

ml = Mililitros

mm =Milímetros

N =Normalidad

nm = Nanómetros

P = Peso

PD = Pérdida de Diámetro

PE = Pectinesterasa

PET = Polietileno Tereftalato

PF = Peso fresco

PG = Poligalacturonasa

PL =Pectinlisa

PP = Pérdida de Peso

rpm = Revoluciones por minuto

T = Temperatura

UFC = Unidades Formadoras de Colonias

V = Volumen