

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR

DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

SEP

TRABAJO PROFESIONAL

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA BIOQUÍMICA

QUE PRESENTA:

GÓMEZ UTRILLA RAQUEL

CON EL TEMA:

“Elaboración y caracterización de una película comestible a base de alginato de sodio y su efecto sobre la conservación de frutos de fresa (*Fragaria ananassa*) almacenados a temperatura de refrigeración comercial.”

MEDIANTE:

OPCIÓN X

(MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL)

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

SEPTIEMBRE 2012



SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



DIRECCIÓN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas., 26/MARZO/2012

OFICIO NUM. DEP-CT-060/2012

C. RAQUEL GÓMEZ UTRILLA
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA
EGRESADO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
P R E S E N T E.

Habiendo recibido la comunicación de su trabajo profesional por parte de los CC. DRA. SANDY LUZ OVANDO CHACON, DR. MIGUEL ABUD ARCHILA, ING. JAQUELINE LEYRA HERNÁNDEZ y DRA. PATRICIA GUADALUPE SANCHEZ ITURBE, en el sentido que se encuentra satisfactorio el contenido del mismo como prueba escrita, **AUTORIZO** a Usted a que se proceda a la impresión del mencionado Trabajo denominado:

"ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA PELÍCULA COMESTIBLE A BASE DE ALGINATO DE SODIO Y SU EFECTO SOBRE LA CONSERVACIÓN DE FRUTOS DE FRESA (*Fragaria ananassa*) ALMACENADOS A TEMPERATURA DE REFRIGERACIÓN COMERCIAL"

Registrado mediante la opción:
X (MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL)

ATENTAMENTE
"CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON SENTIDO HUMANO"

Vo. Bo.

ING. ROBERTO CIFUENTES VILLAFUERTE
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES

M. en C. JOSÉ LUIS MÉNDEZ NAVARRO
DIRECTOR

C.c.p.- Departamento de Servicios Escolares
C.c.p.- Expediente
I/JLMN/I/RCV/L/ORC

Secretaría de Educ. Pública
Instituto Tecnológico
de Tuxtla Gutiérrez,
Div. de Est. Profesionales

Carretera Panamericana Km.1080, . C.P. 29050, Apartado Postal 599
Teléfonos: (961) 61 5-03-80 (961) 61 5-04-61 Fax: (961) 61 5-16-87
<http://www.itg.edu.mx>



Alcance del Sistema: Proceso Educativo

El siguiente proyecto se desarrolló en el laboratorio de Fisicoquímica y Materiales de Empaques Alternativos del Departamento de Ingeniería Bioquímica del Instituto Tecnológico de Celaya, bajo la dirección de la Dra. Ma. Cristina Irma Pérez Pérez.

*“Quiero ser como el agua que puede abrirse camino, incluso
a través de la piedra y si se ve atrapada siempre
busca un nuevo camino”*

ÍNDICE	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	2
III. OBJETIVOS	3
3.1 OBJETIVO GENERAL	
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	
IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN LA QUE PARTICIPÓ	4
V. PROBLEMAS A RESOLVER	7
VI. ALCANCES Y LIMITACIONES	7
VII. FUNDAMENTO TEÓRICO	8
7.1 Antecedentes Generales	
7.2 Descripción General y Propiedades de la fresa (<i>Fragaria ananassa</i>)	
7.2.1 Descripción General	9
7.2.2 Micronutrientes de la fresa (<i>Fragaria ananassa</i>)	10
7.2.3 Respiración y madurez de la fresa	10
7.2.4 Método de cosecha	13
7.2.5 Principales productores	14
7.2.6 Vida postcosecha y hongos que atacan a la fresa	15
7.3 Descripción General y Propiedades del alginato de sodio	
7.3.1 Características principales	16

7.3.2	Aplicaciones	19
7.3.3	Formación de las películas	19
VIII.	PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	
8.1	Materiales	20
8.2	Métodos	20
8.3	Formulación de la matriz polimérica de alginato de sodio	21
8.3.1	Caracterización de las películas	24
8.3.1.1	Determinación del espesor	24
8.3.1.2	Determinación del peso de las películas	24
8.3.1.3	Determinación de la permeabilidad al vapor de agua	24
8.4	Caracterización fisicoquímica de frutos de fresa	25
8.4.1	Sanitización de los frutos.	25
8.4.2	Aplicación de películas al fruto	26
8.4.3	Análisis fisicoquímico	26
8.4.3.1	Determinación de pH, acidez titulable y sólidos solubles	26
8.4.4	Pérdida de peso	27
8.4.5	Parámetros de color (L^* , a^* y b^*)	28
8.4.6	Evaluación sensorial	28
IX.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	31
X.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
XI.	LITERATURA CITADA	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Ubicación del área donde se realizó el proyecto.....	4
FIGURA 2. Cambios de la fruta a diferentes etapas.....	12
FIGURA 3. Principales productores de fresa a nivel mundial.....	14
FIGURA 4. Principales estados productores de fresa en México.....	15
FIGURA 5. Fresa contaminada con <i>Botrytis cinerea</i> en dos diferentes etapas de la enfermedad.....	15
FIGURA 6. Estructura del polisacárido.....	17
FIGURA 7. Formación del gel de alginato de sodio con adición de iones calcio...	17
FIGURA 8. Formación de la estructura de la caja de huevos “egg box”	18
FIGURA 9. Elaboración de películas a base de alginato de sodio.....	21
FIGURA 10. Diagrama de bloques de la realización de la matriz polimérica de alginato de sodio.....	23
FIGURA 11. a) Formación de lotes homogéneos para cada uno de los tratamientos. b) Aplicación del recubrimiento en fresas seleccionadas en base al método de inmersión.....	26
FIGURA 12. Efecto del pH de películas en función de la composición de películas a base de 0.7% de alginato de sodio sobre la permeabilidad al vapor de agua....	32
FIGURA 13. Gráfico de pérdida de peso de fresas recubiertas, respecto al tiempo de almacenamiento a refrigeración comercial.	34
FIGURA 14. Efecto del pH en fresas recubiertas a base de alginato almacenadas a 5 ± 1 °C durante 12 días.....	35
FIGURA 15. Efecto del recubrimiento de alginato de sodio en la acidez titulable..	36

FIGURA 16. Efecto del recubrimiento sobre la cantidad de sólidos solubles en el fruto.....	37
FIGURA 17. Efecto del recubrimiento de alginato de sodio en la luminosidad de las fresas analizadas.....	38
FIGURA 18. Efecto del recubrimiento de alginato de sodio en la coordenada a* de fresas analizadas en un periodo de 12 días a 5±1 °C.....	39
FIGURA 19. Efecto del recubrimiento de alginato de sodio en la coordenada b* de fresas analizadas en un periodo de 12 días a 5±1 °C.....	40
FIGURA 20. Efecto del recubrimiento de alginato de sodio en la cromaticidad (C*) de fresas almacenadas en un periodo de 12 días a 5±1 °C.....	41
FIGURA 21. Efecto del recubrimiento de alginato de sodio en los grados hue (°H) de fresas almacenadas en un periodo de 12 días a 5±1 °C.....	42
FIGURA 22. Resultados de la prueba de análisis sensorial de fresas realizada en el día 0 de almacenamiento.	43
FIGURA 23. Resultados de la prueba de análisis sensorial de fresas realizada en el día 3 de almacenamiento.	44
FIGURA 24. Resultados de la prueba de análisis sensorial de fresas realizada en el día 6 de almacenamiento.....	45
FIGURA 25. Resultados de la prueba de análisis sensorial de fresas realizada en el día 9 de almacenamiento.....	46
FIGURA 26. Resultados de la prueba de análisis sensorial de fresas realizada en el día 12 de almacenamiento.....	48
Figura 27. Apariencia de Fresas al día 9 con un cambio de temperatura de almacenamiento.....	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición en fresa, en 100 gramos de materia fresca.....	9
Cuadro 2. Cantidad de azúcares (°Bx) y análisis fisicoquímicos de algunas variedades de fresas.....	10
Cuadro 3. Efectos que se pueden presentar durante el proceso de maduración de frutos.....	11
Cuadro 4. Determinación de la relación óptima para la elaboración de películas a base de Alginato de sodio.....	22
Cuadro 5. Fotografías de fresas almacenadas durante 12 días.....	49

I.- INTRODUCCIÓN

La humanidad se ha preocupado desde principios de la historia en encontrar procedimientos para conservar sus alimentos, principalmente frutas y vegetales los cuales se disponen en forma fresca y únicamente durante un corto periodo que corresponde a la cosecha.

La aplicación de recubrimientos en los alimentos data de hace más de 50 años, durante los cuales se ha reportado y estudiado con la finalidad de extender el tiempo de vida de anaquel y así mismo incrementar la calidad del mismo. Las propiedades que ofrecen las películas comestibles dependen de los compuestos de los cuales estén elaboradas, pero su principal objetivo es actuar como barreras reduciendo la difusión de gases, vapor de agua, O₂, entre otros.

La mayoría de ellos elaborados con sustancias poliméricas naturales, de composición heterogénea, las cuales pueden ser ingeridas sin riesgo para el consumidor. También aportan algunos nutrientes tales como: proteínas, almidones hidrolizados, gomas, pectinas, carragenanos, alginatos, entre otros.

La implementación de recubrimientos comestibles constituye una estrategia potencial para los sectores involucrados en la producción y conservación de frutas, como por ejemplo los productores de fresas (*Fragaria ananassa*) que a pesar de que es una especie frutal altamente difundida y que puede ser plantada tanto en invierno como en verano (Gámez, 2006), es un fruto no climatérico altamente perecedero debido a su elevada tasa de respiración (Manning, 1993), por lo que los productores obtienen grandes pérdidas en el ámbito económico, al momento de transportar, dando el fruto sumamente económico.

Sin embargo, la introducción a este campo innovador con el paso de los años se vuelve más difícil, ya que hoy en día no sólo se busca controlar las fuerzas de descomposición, disminuir la producción de agentes venenosos, mejoramiento y protección de las características naturales del fruto así como sus propiedades alimenticias y gustativas manteniendo la calidad y el valor nutricional de los alimentos.

II. JUSTIFICACIÓN

El empleo de técnicas de conservación ha tomado gran relevancia con el paso de los años específicamente en frutos y vegetales, debido a que estos solamente se disponen en forma fresca y únicamente durante un corto periodo que corresponde a la cosecha, además de que cerca de un 25% del total de las frutas y vegetales cosechados se pierde debido a daños. Representando serias pérdidas en el ámbito económico tanto para los productores del fruto como para el país.

Por lo que el siguiente trabajo se enfoca en la aplicación de recubrimientos a base de alginato a fresas naturales, con el objeto de prolongar la vida de anaquel de este producto, que se encuentra a la venta en mercados locales; disminuyendo los costos variables y aumentando la rentabilidad en la transportación de estos frutos proporcionándole una alternativa agroindustrial a los productores de fresas de la región del bajío.

Se ha demostrado que esta tecnología de conservación es suficientemente económica y efectiva en la prolongación de la vida de anaquel de frutos frescos. Además de contribuir a la conservación del ambiente sustituyendo y/o reduciendo a los químicos de síntesis habitualmente aplicados.

Se conoce que los polisacáridos originan películas densas que presentan baja permeabilidad a los gases permitiendo proteger a los alimentos de oxidación y pérdida de aromas, así como también reducen la velocidad de maduración de frutas o vegetales. Por lo tanto, la implementación de este tipo de recubrimientos a frutos frescos puede ser una alternativa innovadora en el campo alimenticio como alternativa prometedora para la mejora de la calidad y conservación durante su procesado y/o almacenamiento.

III. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar y caracterizar un recubrimiento a base de alginato de sodio y evaluar su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de fresa almacenadas a temperatura de refrigeración comercial.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la concentración óptima de los componentes del recubrimiento comestible.

- Evaluar las propiedades de permeabilidad al vapor del agua del recubrimiento.

- Evaluar el efecto de los componentes del recubrimiento sobre las propiedades químicas de la fresa.

- Determinar la medición de los parámetros colorimétricos de las muestras recubiertas.

- Realizar un análisis sensorial a nivel consumidor para conocer el grado de aceptación del producto recubierto.

IV. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN LA QUE PARTICIPÓ

El siguiente proyecto se realizó en el laboratorio de Físicoquímica y Materiales de Empaques Alternativos del Departamento de Ingeniería Bioquímica del Instituto Tecnológico de Celaya, ubicado en Av. Tecnológico y Antonio García Cubas. Col. FOVISSSTE, Código postal: 38010. S/N. Celaya, Guanajuato (Fig. 1).

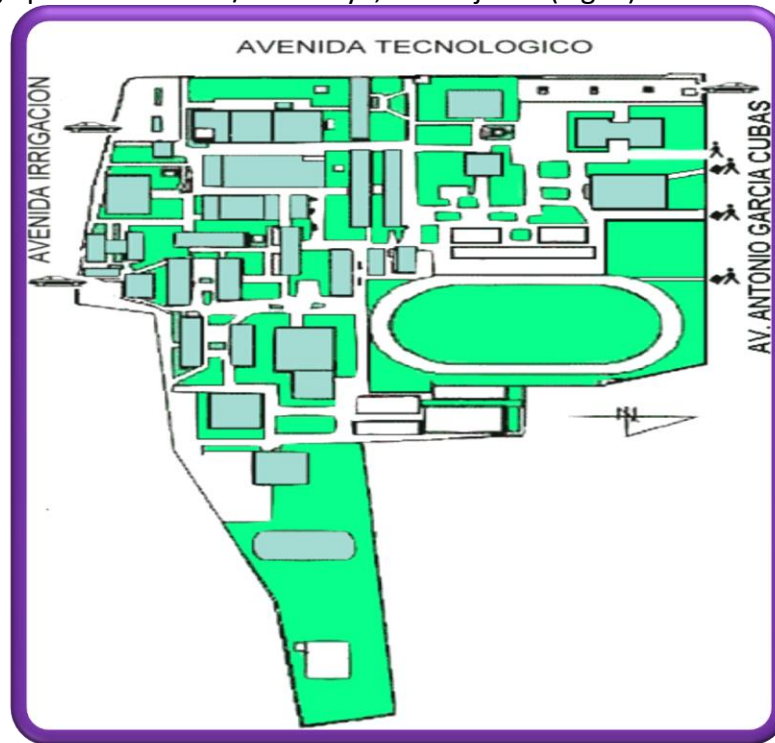


Fig.1 Ubicación del área donde se realizó el proyecto

Antecedentes históricos

El Instituto Tecnológico de Celaya, nace el lunes 14 de abril de 1958, como un Centro de segunda enseñanza, capacitación técnica para trabajadores y Preparatoria técnica especializada. A partir de entonces, y hasta la fecha ha evolucionado tanto en el perfil de servicios educativos como en la infraestructura.

En 1962 inician los programas de Educación Superior impartiendo la carrera de Ingeniería Industrial. En 1970 se desincorporan los estudios de secundaria y en 1984 los de

bachillerato. La primera Maestría fue la de Ingeniería Química, inicio en 1980, en 1986 la de Ingeniería Mecánica, 1993 la de Ingeniería Administrativa, en 1994 la de Ingeniería Industrial. El primer programa de Doctorado inicia en 1989 y es el único que hasta la fecha se ofrece en el área de Ingeniería Química.

Goza de un reconocido prestigio a nivel nacional, por la calidad de enseñanza que se imparte, la investigación y divulgación del quehacer científico y la alta capacidad de su planta de profesores-investigadores.

MISIÓN	VISIÓN
<ul style="list-style-type: none">•Formar personas íntegras, con amplio sentido crítico y de servicio a la sociedad, capaces de responder de manera efectiva y específica a las necesidades del entorno, en la generación y aplicación del conocimiento.	<ul style="list-style-type: none">•Ser reconocidos en la red internacional de educación tecnológica superior por la excelencia en programas académicos, amplia aceptación de egresados, sólida formación de alumnos, altos índices de titulación y graduación; por generación y transformación del conocimiento, servicios oportunos y sistemas eficientes de administración y gestión, liderazgo académico, técnico, científico, cultural, deportivo, cívico y ecológico, al servicio de México.

El objetivo del Instituto consiste en llevar a cabo programas de docencia, investigación, y extensión en el contexto de la educación superior a nivel licenciatura y posgrado, tendientes a alcanzar la excelencia educativa y lograr que el ITC sea un centro de educación integral confiable a la sociedad y que coadyuve al desarrollo de la comunidad.

El quehacer educativo se basa en tres funciones sustantivas: la docencia como medio para la adquisición y práctica del conocimiento disciplinario, la investigación como fuente para

explorar nuevas explicaciones y formas del dominio de los elementos de la naturaleza y de la generación de nuevos conocimientos y la extensión como medio de vinculación con la realidad. La planeación como área de apoyo a las anteriores funciones sustantivas, tiene como objetivo determinar las demandas del medio ambiente de la Institución y evaluar los desarrollos internos para dar respuesta adecuada a las necesidades percibidas.

Finalmente, hay actividades de apoyo a la docencia de carácter administrativo cuyo objetivo es proporcionar los requerimientos de operación que soporten las áreas sustantivas del quehacer institucional manteniendo funcionalidad y eficiencia en la organización.

El Instituto Tecnológico de Celaya establece el compromiso de implementar todos sus procesos, orientándolos hacia la satisfacción de sus clientes sustentada en la Calidad del Proceso Educativo, para cumplir con sus requisitos, mediante la eficacia de un Sistema de Gestión de la Calidad y de mejora continua, conforme a la norma ISO 9001:2008/NMX-CC-9001-IMNC-2008.

V. PROBLEMAS A RESOLVER

Mediante la elaboración de este proyecto de investigación se pretende beneficiar a productores y comercializadores de fresa de la región Bajío y consumidores del producto en fresco del mercado regional o nacional al contar con un producto de buena calidad y con mayor vida de anaquel.

A pesar de que la demanda en el consumo de fresa a nivel nacional es alta, este producto no es aprovechado completamente debido a que la mayoría de los mercados para su comercialización se encuentran bastante alejados del lugar de su producción y requieren un manejo efectivo para prevenir su deterioro excesivo lo que ocasiona poca capacidad de negociación de los productores y pérdidas de estos productos perecederos.

VI. ALCANCES Y LIMITACIONES

Al comienzo del proyecto se encontraron limitaciones en la elaboración de la matriz polimérica de alginato de sodio debido a que el producto con el que se obtuvo la mejor formulación se agotó. Se probaron alginatos de sodio con diferentes valores de viscosidad, seleccionando el comercial evaluado en un amplio rango de concentraciones; estableciendo la factibilidad de su uso como recubrimiento a una concentración relativamente baja.

Dentro de los alcances y limitaciones se encontró la diseminación de los resultados a personas involucradas en la cadena de comercialización de fresa en la región del bajío (como son empacadores y comercializadores).

Debido a que la mayor parte de los habitantes de esta región se enfoca en la producción de fresas para comercializar, al presentarles el proyecto reducirían pérdidas en el ámbito económico debido a que es un fruto altamente perecedero, y al implementar esta tecnología innovadora podrían procesar su cosecha ya sea para el mercado local o para

importación asegurando al consumidor un producto con vida de anaquel prolongada y con mayor calidad.

VII. FUNDAMENTO TEÓRICO

7.1 Antecedentes Generales

En la última década se ha prestado mayor atención al panorama de la industria alimentaria debido a que el consumidor demanda mayor garantía en la calidad del producto. Por lo que se han potenciado las investigaciones acerca de la aplicación de recubrimientos formulados con materias primas de origen natural, biocomestibles y sobre todo respetuosas con el medio ambiente.

Los recubrimientos comestibles o revestimientos se definen como películas que envuelven al alimento como parte del mismo (Pastor *et al.*, 2005), y cuya función es mantener la calidad de los productos recubiertos (Kester y Fennema, 1986; Debeaufort, 1998).

A pesar de que la información técnica disponible para la elaboración de recubrimientos comestibles es amplia, no es universal para todos los productos, lo que implica un reto para el desarrollo de recubrimientos y películas específicas para cada alimento (Park, 1999).

Estudios sobre películas elaboradas a partir de proteínas, lípidos y polisacáridos han sido realizados con el propósito de determinar su efectividad como barreras a la transferencia de masa y gases (Arvanitoyannis *et al.*, 1998; García *et al.*, 2000; Yang y Paulson, 2000; Ayranci y Tunc, 2001; Lazaridou y Biliaderis, 2001; Sobral *et al.*, 2001; Sothornvit y Krochta, 2001; Mariniello *et al.*, 2003; Cho y Rhee, 2004; Turhan y Sahbaz, 2004; Tapia-Blácido *et al.*, 2005).

Estas películas dan transparencia, flexibilidad y dureza. Las películas elaboradas con biopolímeros y adición de plastificantes, aumentan sustancialmente la biodegradabilidad y mejoran las propiedades mecánicas y de barrera.

La prioridad principal de los empaques es la preservación y protección de todo tipo de productos, siendo los alimentos y las materias primas el campo de mayor prioridad.

7.2. Descripción General y Propiedades de la fresa (*Fragaria ananassa*)

7.2.1. Descripción General

La fresa (*Fragaria ananassa*) es considerada una baya, pertenece a la familia de las *Rosáceas*, genero *Fragaria* y especie *ananassa*, está formada por receptáculo floral (eterio) carnoso, de color rojo, sabor dulce y olor aromático compuesto por numerosos aquenios (Almenar, 2005). Aporta pocas calorías y su componente más abundante después del agua son los carbohidratos (Cuadro 1).

Es un fruto nativo de las regiones templadas en el mundo. Es una planta termo y fotoperiódica, es decir, que su crecimiento depende de las condiciones de luz y temperatura. La zona apta para producción de fruta se ubica entre los 1,300 y 2,000 msnm. El factor determinante para producir esta fruta es la temperatura óptima, que en promedio es de 14°C, pero se adapta bien entre los 10 y 20°C (SAGARPA, 2008).

Cuadro 1. Composición de fresa, en 100 gramos de materia fresca.

Componente	Concentración	Componente	Concentración
Agua (g)	90-95	Sacarosa(g)	0.12-0.35
Ceniza (g)	0.4	Xilitol (g)	0.03
Energía (Kcal)	32.0-34.0	Sorbitol (g)	0.03
Fibra (g)	2.0	Ac. Pantoténico (mg)	0.125
Carbohidratos (g)	4.667-.68	Folatos totales (µg)	58.8-60
Lípidos (g)	0.3-0.5	Vitamina C (mg)	870
Proteína (g)	0.7	Ác. Cítrico (mg)	140
Almidón(g)	0.04	Ác. Málico (mg)	16.09
Fructosa(g)	2.5-3.5	Ác. Oxálico (mg)	16.0
Glucosa (g)	2.04-3.03	Ác. Salicílico (mg)	1.4

Fuente: (Nunes, 2006)

7.2.2 Micronutrientes de la fresa (*Fragaria ananassa*)

La fresa se caracteriza por tener sabores dulce ácido, debido a que cuenta con una variedad de azúcares y ácidos orgánicos, cuya concentración oscila dependiendo de la variedad (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cantidad de azúcares (°Bx) y análisis fisicoquímicos de algunas variedades de fresas.

Variedades	% Sólidos solubles	Acidez titulable	pH	°Bx	L*	a*	b*
Camarosa	8.12	0.89	3.69±0.06	9.36±0.42	26.51	28.43	16.97
Selva	7.17	0.98	3.91±0.04	9.42	26.8	23.04	11.14
Sweet Charlie	9.9	0.97	4.04		27.45	28.35	18.39
Benton	7.20	1.09	3.37	11.64			

(Ménager *et al.* 2004; Nunes, 2006, Modificado).

7.2.3 Respiración y madurez de la fresa

La maduración es el resultado de una red compleja de cambios (Cuadro3). Este proceso transforma una fruta fisiológicamente madura pero aún no comestible en una con una sensación organoléptica satisfactoria, marcando el fin del desarrollo de la fruta y el principio de su senescencia (Wills *et al.*, 1982).

La mayoría de los cambios fisicoquímicos que ocurren en las frutas cosechadas están relacionados con el metabolismo oxidante y la respiración, proceso por el cual el oxígeno atmosférico es aprovechado para metabolizar compuestos de almacenamiento (azúcares y almidón) para formar diversos productos derivados como: CO₂, agua y energía (calor). Desde el punto de vista bioquímico se presentan tres fases: la descomposición de polisacáridos en azúcares simples (Glicolisis), la oxidación de azúcares simples en ácido pirúvico y la transformación aeróbica de piruvato (Ciclo de Krebs) y otros ácidos orgánicos en CO₂, agua y energía (transporte de electrones) (Pantastico, 1975).

Cuadro 3. Efectos que se pueden presentar durante el proceso de maduración de frutos.



(Wills *et al.*, 1982 Modificado).

La evaluación de la respiración puede medirse determinando las pérdidas que experimenta el sustrato, la cantidad de O₂ consumida, la de CO₂ liberada, calor producido y energía desarrollada.

La proporción CO₂ a O₂ se denomina cociente de respiración (CR), el cual nos ayuda a deducir la naturaleza del sustrato y el grado en que el proceso es anaeróbico o aeróbico.

Cuando

CR es = 1, los metabolitos son azúcares

CR > 1, el sustrato está oxigenado, es decir, se usan ácidos orgánicos que requieren menos O₂ para la evolución de una cantidad comparable de CO₂

CR < 1, si el sustrato tiene una proporción de oxígeno a carbono menor que una hexosa, la oxidación no es completa o el CO₂ formado se utiliza en otros procesos de síntesis. Dependiendo de la tendencia en la tasa de respiración las frutas pueden clasificarse como climatéricas y no climatéricas (las cuales carecen del pico respiratorio) (Wills *et al.*, 1982).

La fresa es una fruta no climatérica (Rhodes, 1970), es decir, no muestra el incremento de la tasa de respiración durante la maduración (Fig. 2). Sino que por el contrario, presentan una progresiva y lenta tasa de respiración durante la senescencia debido a la invasión microbiana y fúngica que conducirá a la descomposición del producto (Pantastico, 1975). Los cambios que se manifiestan se pueden generalizar en un decaimiento en la cantidad de almidón que, por su desdoblamiento debido a la actividad enzimática endógena, culmina en un aumento en la cantidad de azúcares (Potter, 1986).

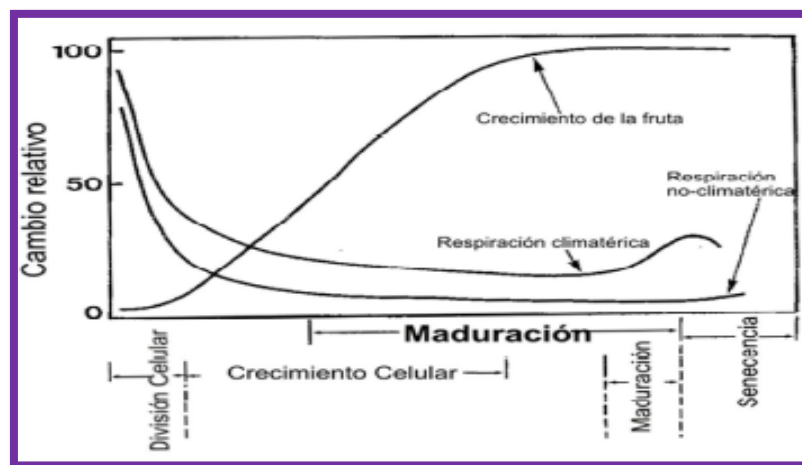


Fig. 2 Cambios de la fruta a diferentes etapas. Adaptado de Wills *et al.*, (1982).

La textura durante la maduración se ve afectada en tres niveles: molecular, celular y orgánico (Van Dijk y Tijssens, 2000). Otro factor importante es la disminución en la cantidad de pectina insoluble en agua, correspondiente a un aumento en pectina soluble en agua.

La reducción de la cantidad de ácidos orgánicos de la frutas durante el almacenamiento y maduración influye también de manera importante en la textura. En consecuencia, debido a la susceptibilidad de la mayoría de los pigmentos, el color cambia conforme al contenido de ácido (Potter, 1986).

En el caso de la fresa esta pigmentación está dada por las antocianinas, que son un grupo de compuestos solubles en agua, pertenecientes a los flavonoides y responsables de los colores brillantes como naranjas, rojos y azules. La formación de glicósidos y metilación resultan en colores rojos, el color de las antocianinas cambia con el pH del medio como resultado del equilibrio establecido entre dos especies con color.

7.2.4 Método de cosecha

La recolección es manual, debido a que la fruta es altamente perecedera, las lesiones mecánicas durante la recolección y subsiguiente manipulación puede provocar defectos y favorecer la invasión de microorganismos patógenos.

Se debe cuidar la fruta desde antes de su formación y desarrollo, para que llegue en buenas condiciones a la cosecha. A partir del momento de la cosecha, se presentan otros procesos de importancia, el de seleccionar la fruta, empacarla, transportarla y almacenarla adecuadamente. Una fresa cosechada en plena maduración y mantenida a temperatura ambiente, se deteriora en un 80% en sólo 8 h (SAGARPA, 2008).

La fresa es una fruta que se emplea para consumo humano en fresco y congelada. A la venta en fresco la exposición prolongada al sol puede provocar graves deterioros de la calidad, al igual que una elevada humedad relativa promueve el crecimiento de microorganismos. Al congelar el producto se pierden sus atributos de textura, pero en esta forma se conservan y tienen una gran variedad de usos (SAGARPA, 2008).

7.2.5 Principales productores

En la figura 3 se muestran los principales países productores a nivel mundial ocupando México la séptima posición.

La mayoría del consumo de fresa en Estados Unidos proviene de la producción nacional. La República Mexicana produjo en 2008 un total de 208,932.15 toneladas, lo que significa que el consumo de Estados Unidos rebasa en un 40% el total de la producción mexicana, de acuerdo al reporte del Servicio de Información Agroalimentario y Pesquera o SIAP (2008).

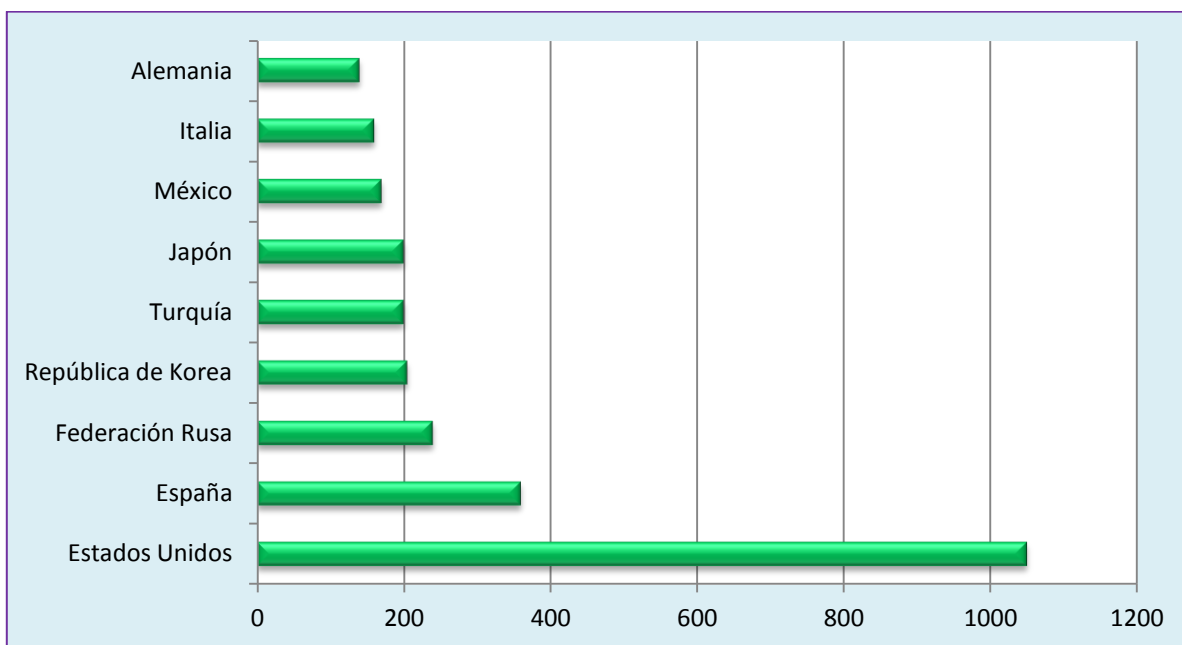


Fig. 3 Principales productores de fresa a nivel mundial (Roberts, 2005).

Los principales estados productores en México son: Michoacán (69, 699 ton), Baja California (57, 913 ton) y Guanajuato (20, 258 ton) (Fig. 3) (SAGARPA, 2007).

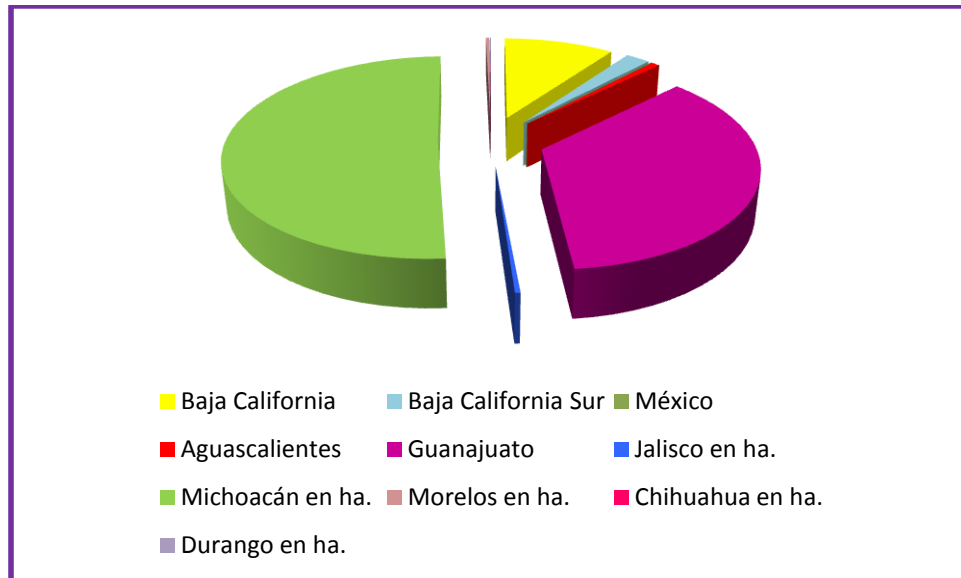


Fig. 4. Principales Estados productores de fresa en México (SAGARPA, 2005).

7.2.6 Vida postcosecha y hongos que atacan a la fresa.

La fresa es una fruta no climatérica con una vida post-cosecha muy corta. La mayoría de las veces, la pérdida de calidad de la fresa se debe a su actividad metabólica tan alta y a su sensibilidad al deterioro por hongos, principalmente el moho gris (*Botrytis cinérea*) señalado en la figura 5.



Fig. 5 Fresa contaminada con *Botrytis cinérea* en dos diferentes etapas de la enfermedad: temprana (a) y avanzada (b) (UC Davis, 2005).

La enfermedad provocada por este hongo es la principal causa de pérdidas postcosecha en la fresa, generando daños en la fresa tales como: pérdida de firmeza, color y sabor que conducen a una disminución en la vida útil (Thompson, 2003).

Este hongo continúa creciendo aún a 0°C (32°F), aunque muy lentamente (Mitchell *et al.*, 1996). Esta fruta también es susceptible a pérdida de agua, magullado y daños mecánicos debido a su textura tan suave, además de no contar con una capa protectora. El almacenamiento en refrigeración es empleado ampliamente para reducir su deterioro y alargar la vida de anaquel en general de frutas y hortalizas. Para disminuir el metabolismo y reducir el deterioro antes del transporte o el almacenamiento, las fresas son enfriadas a 0°C después de la cosecha.

La vida post-cosecha de esta fruta puede ser incrementada mediante varias técnicas combinadas con refrigeración (Hernández-Muñoz *et al.*, 2006), por ejemplo para lograr que el producto tenga una vida útil que oscile entre los 7-10 días se recomienda aplicación de aire forzado a 34°F (the California Strawberry Commission (CSC) y The California Minor Crops Council (CMCC), 2003) y después se recomienda mantenerlo en condiciones atmosféricas óptimas (90-95% HR, 5-10% O₂ y 15-20% CO₂) (Siller-Cepeda *et al.*, 2002).

7.3 Descripción General y Propiedades del alginato de sodio

7.3.1. Características principales

El alginato representa el componente estructural de las paredes intercelulares de los tejidos de las algas marrones marinas (miembros de *Phaeophyceae*), proporcionando la fuerza y flexibilidad del tejido de estas algas (Chee, *et al.*, 2010). Se encuentra en profundidades no superiores a 40m. El peso moleculares de aproximadamente 120,000.

El alginato de sodio es un polisacárido aniónico lineal, cuya propiedad depende de la especie de la cual han sido extraídos (Yao, *et al.*, 2010).

Es un polisacárido aniónico lineal constituido de dos tipos de residuos: el ácido hexurónico de los cuales ácido 1, 4- β D-manurónico (M) y el ácido α L-gulurónico(G) los residuos se arreglan en la repetición de GG, bloques de MM o alterna MG bloques (Skjåk-Rotura, Smidsrød, *et al.*, 1995).

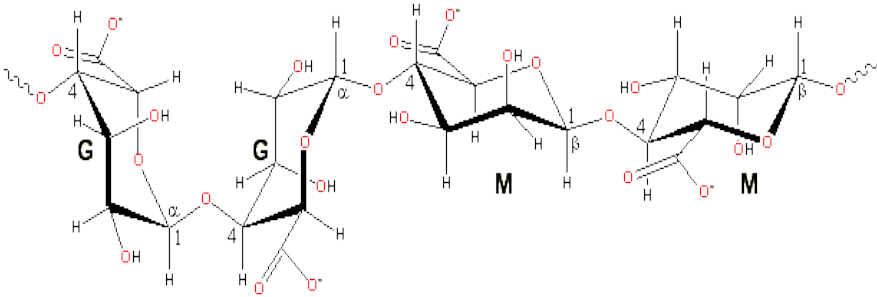


Fig. 6 Estructura del alginato, polisacárido aniónico. (Hideaki *et al.*, 2009; Lu *et al.*, 2010)

Dado que los residuos M y G (Figura 8), se encuentran en el 4C1 y 1C4 respectivamente, tres tipos de enlaces glucosídicos son los que se encuentran generalmente en las estructuras de bloques, incluyendo diecuatorial (MM), diaxial (GG), y ecuatorial-axial (MG). El G-bloque es más rígido y más extendido en la configuración de la cadena de la M-bloque debido a un mayor grado de impedimento de la rotación alrededor de los enlaces glicosídicos (Bracciniet. *al.*, 1999).

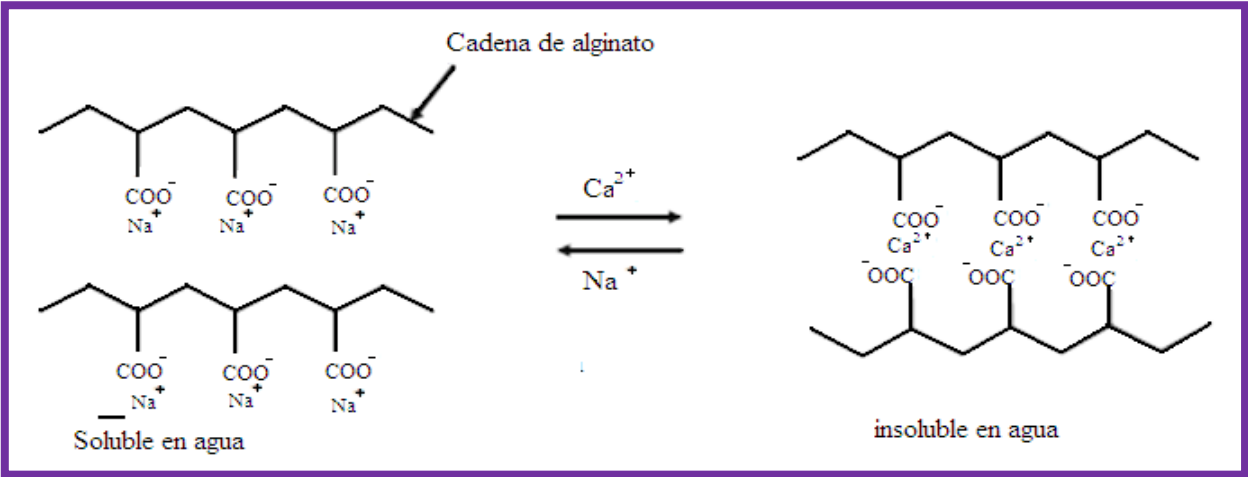
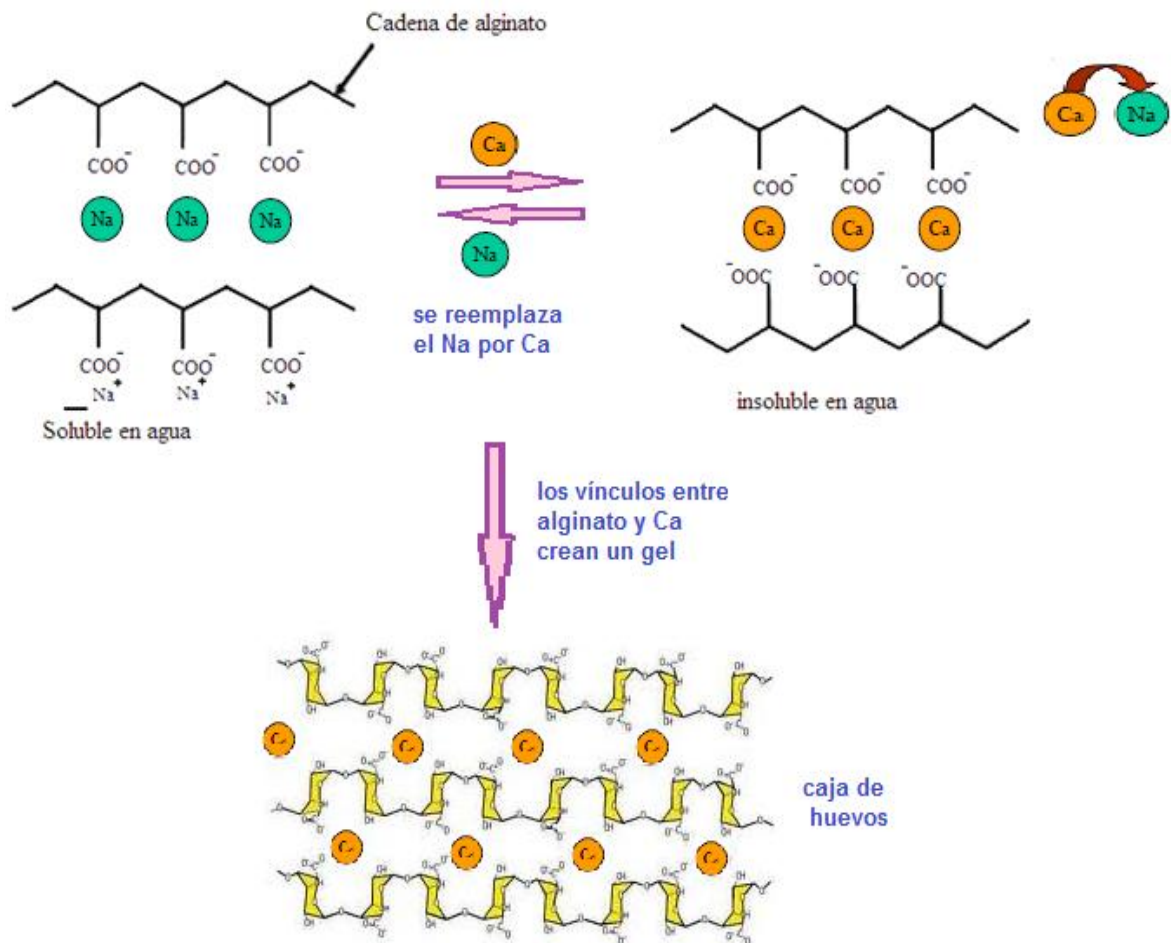


Fig. 7 Formación del gel de alginato de sodio con adición de iones calcio.

Cuando el alginato de sodio se añade a la solución de cloruro de calcio los iones de calcio desplazan a los iones sodio y forman un gel (Fig. 7).

El gel se forma porque el ion calcio es divalente. Durante este proceso el agua desaparece de entre las moléculas de alginato formando un gel.



(Funami *et. al.*, 2009), Modificado)

Fig. 8 Formación de la estructura de la caja de huevos “egg box” de alginato de sodio.

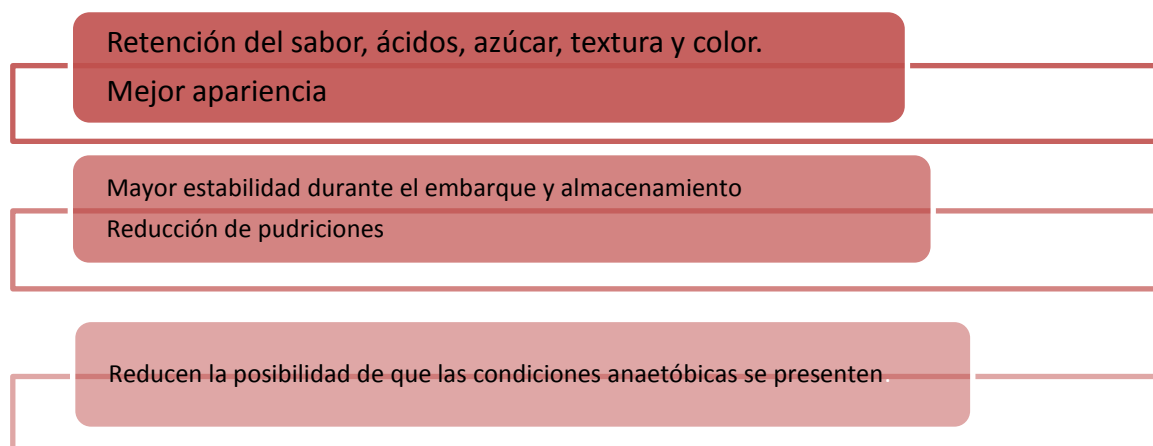
En la figura 8 se representa la formación de la estructura conocida como “caja de huevos”. El alginato de sodio es una molécula larga con cargas negativas, por lo que la molécula de alginato de sodio es una solución viscosa y para mantenerse en solución tiene un ión contrario para tener una carga neutral.

7.3.2 Aplicaciones

El alginato de sodio tiene poca estabilidad a los ácidos y es muy sensible a los iones de calcio. Estas propiedades son inconvenientes para muchas aplicaciones debido a problemas en materia de tratamiento y el tiempo de gelificación (Huber, 2009).

Pero estas limitaciones se pueden eliminar mediante modificaciones químicas, y al ser un biopolímero natural, el alginato tiene un aumento de las aplicaciones biotecnológicas y biomédicas por sus numerosas ventajas tales como alta biocompatibilidad, biodegradabilidad, no toxicidad, no inmunogenicidad, capacidad quelante, buena estabilidad mecánica, alta capacidad de absorción pudiendo absorber agua hasta de 200-300 veces su peso.

Los beneficios de los recubrimientos a base de polisacáridos son:



Fuente: Bosques (2000).

7.3.3 Formación de las películas

Los alginatos en solución acuosa forman películas tras la adición de agentes formadores de puentes salinos (Guilbert y Biquet, 1995).

Cuando un polímero está siendo aplicado a una superficie o matriz, existen dos fuerzas operando: cohesión y adhesión. El grado de cohesión afecta las propiedades de la película así como la densidad, la porosidad, permeabilidad, flexibilidad y fragilidad de la película

(Guilbert, 1986). Cuando las películas proteicas se exponen a un calor excesivo se afecta la cohesión: ya que las moléculas son inmovilizadas prematuramente provocando defectos como perforaciones y fractura prematura de la película (Guzmán, 2003).

VIII. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

8. 1MATERIALES

Para la elaboración de las películas se utilizó alginato de sodio (Química Meyer. Lote: TM1208713 Cat. 6780-1000), glicerol (Fermont 06441PA) como plastificante comercial, tween 80 (HYCEL de Méx., CAS9005-656) como agente emulsificante, tensoactivo; y fuente de sales como CaCO_3 (J.T Baker, PM 100.09) y gluconal Cal-A^{MR} (lactato y gluconato de calcio, Mc Cormick).

Frutos de fresa (*Fragaria ananassa*) de la variedad camarosa, con el mismo grado de madurez (aproximadamente 2/3 de la superficie en color rojo), que fueron adquiridos en la central de abastos local de Celaya, Gto.

8. 2MÉTODOS

8.2.1 Elaboración de las películas a base de alginato de sodio:

Se preparó la solución de alginato de sodio siguiendo las condiciones mostradas en el cuadro 4.

Se calentó previamente el agua destilada (como sistema disolvente) en baño maría hasta $75\pm 2^\circ\text{C}$, posteriormente se disolvió alginato de sodio lentamente, en una parrilla de agitación magnética constante (Corning PC-420D), a 280 rpm por 30 minutos para después añadirle el plastificante, en este caso, glicerol al 20%p/v. Posterior al tratamiento térmico, cuando la solución era homogénea, el pH fue ajustado apropiadamente con solución de HCl al 0.02N, previamente preparada. Se prepararon las soluciones de CaCO_3 y Gluconal

Cal-A^{MR} adicionándoles agua destilada. Se adicionaron estas soluciones al igual que Tween 80 como emulsificante y tensoactivo (Fig. 9).

Se agregó 10 mL de la suspensión filmogénica sobre placas de polietileno con un área de 4.9087 cm², que luego se sometieron a secado a temperatura ambiente alrededor de 19 h hasta evaporar el agua completamente. Las películas formadas fueron cuidadosamente extraídas de las placas para ser almacenadas a temperatura ambiente en bolsas de polietileno de cierre hermético.



Fig. 9 Elaboración de películas a base de alginato de sodio.

8.3 FORMULACIÓN DE LA MATRIZ POLIMÉRICA DE ALGINATO DE SODIO

Para conocer la concentración adecuada de la matriz polimérica a base de alginato de sodio, se realizaron los ensayos (citados en el cuadro 4) donde se evaluaron diversos efectos:

- * El mejor alginato con respecto a la marca y viscosidad.
- * La concentración de alginato de sodio
- * La adición de sales de calcio
- * El pH de la solución de alginato de sodio
- * El porcentaje adecuado del plastificante

Cuadro 4. Determinación de la relación óptima para la elaboración de películas de alginato de sodio.

Alginato de sodio utilizado	Viscosidad del Alginato (cps)	Alginato (% p/v)	Glicerol (% p/p)	CaCO ₃ (%p/p)	Gluconal Cal-A (% p/p)	Tween 80 (% p/p)	pH (%p/p)
Sigma Aldrich		4.0	10.0	0.2	0.5	5.0	7.0
	20,000 a	2.0	12.5	0.2	0.2	5.0	6.2
	40,000	2.0	20	0.8	0.5	0.2	6.85
		2.0	1.0	0.5	0.3	0.2	6.95
Sigma Aldrich		0.7	0	0	0	0	6.49
	15,000 a	2.0	20.0	0.4	0.5	0.2	7.1
	20,000	0.7	20.0	0.2	0.5	0.2	6.52
Química Meyer		4.0	10.0	0.2	0.5	5.0	6.47
		1.5	20.0	0.2	0.3	0.2	6.37
		2.0	0	0.2	0.5	0.2	6.45
		2.0	20.0	0.4	0.5	0.2	6.53
		2.0	10.0	0.2	0.1	1.0	7.0
		0.65	20.0	0.2	0.5	0.2	6.95
		1.0	20.0	0.2	0.5	0.2	6.85
		0.67	20.0	0.4	0.5	0.2	6.82
	0.70	20.0	0.2	0.5	0.2	6.7	

Una vez elegida la mejor formulación con alginato de sodio (Química Meyer –comercial)

se analizaron a diferentes valores de pH: 6, 6.5, 6.75 y 7.

Alginato (% p/v)	Glicerol (% p/p)	CaCO ₃ (% p/p)	Gluconal Cal-A (% p/p)	Tween 80 (% p/p)
0.7	20	0.2	0.5	0.2

Se realizaron repeticiones de estandarización con alginato de sodio (Química Meyer-comercial) a un pH de 6.5, basándose en las condiciones de la fig. 10.

Representación esquemática del procedimiento de elaboración de la matriz polimérica a base de alginato de sodio.

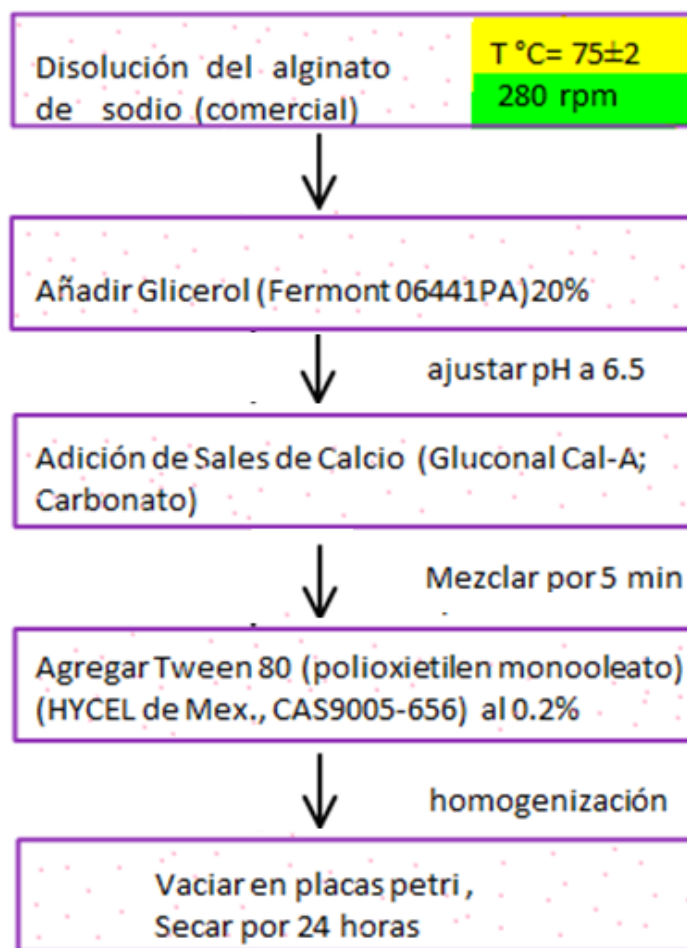


Fig. 10 Diagrama de bloques de la realización de la matriz polimérica de alginato de sodio

8.3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA PELÍCULA

8.3.1.1 ESPESOR DE LAS PELÍCULAS

Se utilizó un micrómetro (Foil Dial Thickness Gauge F 1101/30) con una precisión de 0.01 micrones, para conocer el espesor de las películas en 5 puntos diferentes obteniendo el promedio de los puntos.

8.3.1.2 PESO

Se pesaron las películas en una balanza analítica (OHAUS pionner Corp. Pine) con diámetro y espesor conocido.

8.3.1.3 DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (PVA)

El ensayo se realizó de acuerdo con la Norma ASTM-E96-80, 1980 (Standard Test Methods for Water Vapor Permeability), utilizando el método de celdas (método gravimétrico) (McHugh *et al.*, 1993). Realizando por triplicado cada una de las películas sin defectos las cuales fueron cortadas en círculo con $1.3 \times 10^{-03} \text{ m}^2$ de área y con un diámetro de 4.1 cm y posteriormente montadas en celdas de permeabilidad conteniendo 30 mL de agua destilada obteniendo una HR= 100%. Se sellaron herméticamente entre dos empaques de teflón, los cuales fueron colocados en un desecador, monitoreando la humedad, temperatura y cantidad de vapor (en gramos) que fluye a través de la superficie de las películas de alginato de sodio con espesor conocido (μm) en función del tiempo por 6 h en intervalos, hasta alcanzar un estado estacionario.

Las celdas de permeabilidad presentan un diámetro interno de 3.5 cm y profundidad de 5 cm, con un área de exposición de $9.079 \times 10^{-04} \text{ m}^2$.

Para el cálculo de la PVA se graficó el cambio de masa de las celdas en función del tiempo transcurrido. La pendiente de la porción lineal de este gráfico que mejor se ajustó a una recta (coeficiente de regresión, r^2 , cercano a 1) representó la estabilización del paso del agua a través de la película.

$$PVA = \frac{\Delta m \cdot x}{\Delta t \cdot A \cdot \Delta p}$$

Ec. 1

Dónde:

Δm = Diferencia de pérdida de peso de la celda (en gramos)

Δt = Tiempo transcurrido (en días)

A = Superficie (área) expuesta de la película (en m^2)

x = Espesor de la película (en metros)

Δp = Diferencia de presión al vapor de agua a través de la película (Pa)

8.4 Caracterización fisicoquímica de frutos de fresa (*Fragaria ananassa*)

8.4.1 Sanitización de los frutos.

Previo a la aplicación de películas, los frutos de fresa fueron seleccionados (libres de daños físicos y contaminación microbiana), se prosiguió a desinfectarlos en 1000 mL de agua conteniendo 7.5 mL de microdyn^{MR} por 10 min, para después ser secados a temperatura ambiente.

Una vez secos fueron distribuidos al azar y se les aplicaron dos tratamientos: control (sin tratamiento) y los cubiertos con alginato de sodio.

Las muestras control fueron analizadas a tiempo 0, 3, 6, 9 y 12 días de almacenamiento en frío. Las variables analizadas en producto fresco fueron pérdida de peso, color, textura externa, acidez, grados Brix y sabor.

8.4.2 Aplicación de películas al fruto

La aplicación de la película al fruto se realizó sometiendo a inmersión el fruto por espacio de 30 segundos a 25°C (Fig. 11), después las muestras se dejaban escurrir y se eliminaba el exceso de solución. Las muestras fueron almacenadas a 4 °C por un periodo de 12 días.

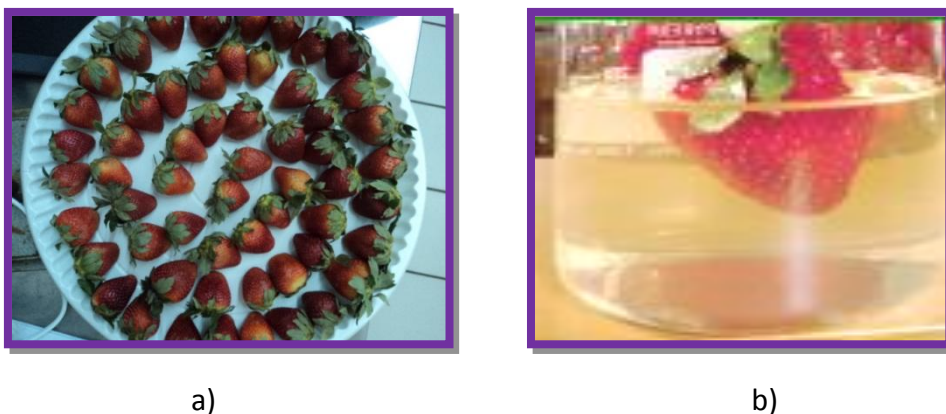


Fig.11. a) Formación de lotes homogéneos para cada uno de los tratamientos.
b) Aplicación del recubrimiento en fresas seleccionadas en base al método de inmersión.

8.4.3 Análisis fisicoquímico

8.4.3.1 Determinación del pH, Acidez titulable (AT) y Sólidos solubles (SS)

Para la determinación del pH del fruto se realizó basándose en el método 32.016 de la AOAC (1996) por inmersión del electrodo. Se pesaron 25 ± 1 g de fresas naturales (FN), (FC) se denominaron a las fresas recubiertas únicamente con alginato de sodio y (FR) a las fresas recubiertas con alginato de sodio, plastificante y tensoactivo. Se maceró la muestra con un mortero hasta obtener un puré homogéneo.

Se tomaron 5 mL de puré de la fruta se titularon con solución de NaOH 0.1 N, valorada previamente, usando un potenciómetro (OAKTON, Singapur) hasta obtener un valor de pH de 8.2 ± 0.2 .

El resultado de la titulación se expresó como porcentaje de ácido cítrico (AOAC, 1990) y se calculó de la siguiente manera:

Contenido de acidez, en meq/Kg.

$$A = \frac{(V*N)*meq.}{m} * 100 \quad \text{Ec. 2}$$

Dónde:

A= acidez en meq/kg

Meq= miliequivalente del ácido predominante = Ácido Cítrico = (0.064)

V= volumen de NaOH en mL

N= normalidad de la solución de NaOH

M= masa, kg de la muestra tomada

Para la determinación de sólidos solubles (SS) se utilizó un refractómetro (ATAGO, ATC-1E). Antes de realizar la medición se calibró el refractómetro con agua destilada; luego se tomó 1 mL del filtrado a 20°C obtenido en la determinación de acidez, se colocó en la ventana del refractómetro y se midió directamente. Los °Brix fueron evaluados tres veces, obteniendo así una lectura promedio de los sólidos solubles totales.

Las determinaciones de pH, acidez titulable y sólidos solubles se determinaron según el método AOAC 942.15 (1996).

8.4.4 Pérdida de peso.

Se determinó por monitoreo en la diferencia de peso del fruto en una balanza analítica (Ohaus de México, S.A de C.v) en los diferentes tiempos de almacenamiento descritos anteriormente. Los datos se expresaron en porcentaje, respecto al peso inicial. La Ec. (3) se utilizó para calcular la pérdida.

$$Pérdida\ de\ peso = \frac{peso\ inicial - peso\ final}{peso\ inicial} * 100 \quad \text{Ec. 3}$$

8.4.5 Parámetros de color (L*, a* y b*).

Para la cuantificación del color de todas las muestras de fresas (FN, FC, FR), se utilizó un colorímetro Konica Minolta CR-400. La determinación se realizó en la región del diámetro ecuatorial y se obtuvieron los parámetros L* (Luminosidad), a* (+ rojo, - verde) y b* (+ amarillo, - azul) de la escala de Hunter.

Los parámetros a* y b* se utilizaron para calcular el matiz ($\alpha = \tan^{-1} b^*/a^*$) y la intensidad de color $[(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}]$. Ambos parámetros son efectivos para describir visualmente la apariencia del color (Bernalte, *et. al.*, 2003).

Para la realización de gráficas y cálculos se utilizó la paquetería de Microsoft Office Excel 2007.

8.4.6 Evaluación sensorial.

Con la finalidad de evaluar la aceptación de las fresas recubiertas se realizó una prueba sensorial conocida como prueba de nivel de agrado o hedónica (Pedrero y Pangborn, 1997).

Mediante una escala de siete puntos, donde el número 1 correspondió a “Me gusta muchísimo”, y el 7 a “Me disgusta muchísimo” los consumidores manifestaron su gusto o no, por estos frutos.

Las muestras fueron codificadas con un número asignado de manera aleatoria, y entregadas a los panelistas en recipientes de unicel. Cabe señalar que la evaluación sensorial de los frutos se realizó después de 0, 3, 6, 9 y 12 días de almacenamiento bajo condiciones de refrigeración (4°C).

Hoja de Evaluación sensorial escala hedónica

Nombre: _____

Edad: _____ Sexo: F M Fecha: _____ Hora _____

1. ¿Te gustan las fresas?

SI NO

2. ¿Con que frecuencia las consumes?

Frecuentemente Una vez en la semana Cada mes Nunca

3. ¿Cómo prefieres consumirlas?

Naturales Procesadas Mínimamente procesadas

4. ¿Cuál es la principal característica que eliges al momento de comprar fresas?

Color Olor Firmeza Madurez Todo

Deguste cada una de las muestras presentadas e indique, en la escala presentada, su nivel de agrado colocando el número en el lugar correspondiente.



Muestra _____	Muestra _____	Muestra _____
Apariencia _____	Apariencia _____	Apariencia _____
Aroma _____	Aroma _____	Aroma _____
Color _____	Color _____	Color _____
Firmeza(al morder) _____	Firmeza(al morder) _____	Firmeza(al morder) _____
Textura (tacto) _____	Textura (tacto) _____	Textura (tacto) _____
Sabor _____	Sabor _____	Sabor _____
Resabio (sabor después de) _____	Resabio (sabor después de) _____	Resabio (sabor después de) _____

*** GRACIAS ***

RESULTADOS Y DISCUSIONES

7.1 Formulación de la matriz polimérica.

Previamente en el Laboratorio de Físicoquímica y Materiales de Empaques Alternativos del Instituto Tecnológico de Celaya se trabajó con diferentes tipos de alginato de sodio como principal componente para la formación de recubrimientos comestibles. El rango de concentraciones analizadas fue de 4 a 0.67% de alginato de sodio.

Al igual que se evaluaron diferentes valores de pH y variaciones en las concentraciones del plastificante para observar el efecto sobre la permeabilidad al vapor de agua. Al adicionarse plastificante se reduce la permeabilidad provocando mayor resistencia al paso del vapor y por ende, mayor frescura en el fruto recubierto.

La concentración óptima de alginato de sodio fue de 0.7% y 20% de plastificante (p/p de alginato) para formar un recubrimiento capaz de adherirse a la superficie del fruto sin modificar sus propiedades organolépticas e incrementando la vida de anaquel del producto.

7.2 Determinación de la permeabilidad al vapor de agua del recubrimiento a base de alginato de sodio.

Todas las frutas y hortalizas están cubiertas con una cutícula que constituye una barrera natural para el intercambio de O₂, CO₂ y vapor de agua. Al aplicar el recubrimiento sobre las fresas se busca bloquear los poros para disminuir este intercambio, sin provocar modificaciones de la atmosfera interna del fruto.

Los resultados en cuanto a la permeabilidad al vapor de agua son mostrados en la figura 12, comprobando que el alginato de sodio con adición de agentes plastificantes es capaz de formar una matriz estructural eficiente como barrera para la permeabilidad al vapor de

agua, a pesar de que las películas obtenidas eran sumamente delgadas presentando espesores no mayores a 2.1 μm .

Los valores obtenidos se compararon con los reportados por Torres (2008), resultando valores similares en ambos proyectos.

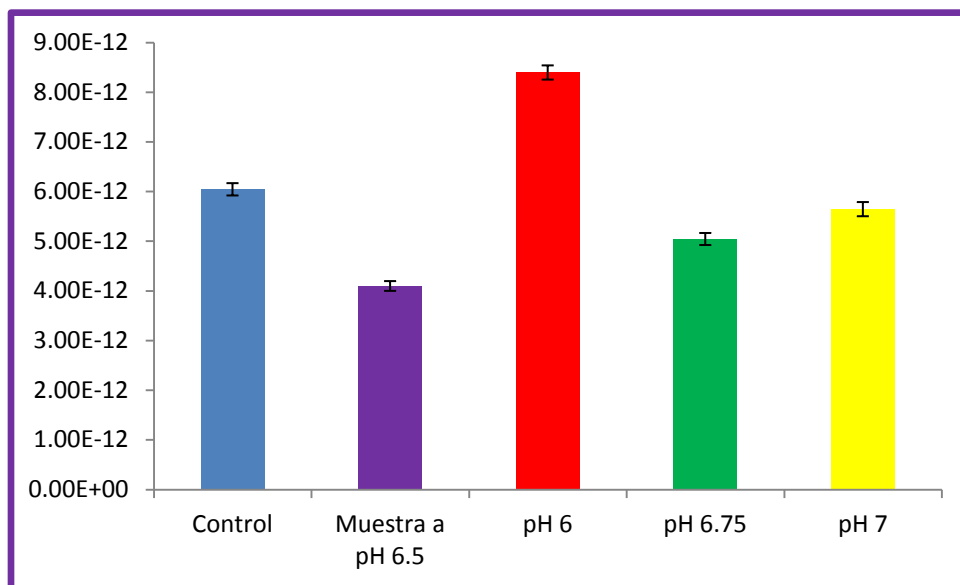


Fig. 12 Efecto del pH de películas en función de la composición de películas a base de alginato de sodio 0.7%, sobre la permeabilidad al vapor de agua ($\text{mol m/m}^2\text{sPa}$).

A pesar de que los recubrimientos elaborados con alginato de sodio resultaron ser transparentes y difíciles de adherir a las celdas de permeabilidad demostraron diferentes comportamientos en cuanto al grado de permeabilidad al vapor de agua.

Los recubrimientos “muestra” (conteniendo alginato de sodio más plastificantes y sales de calcio) demostraron poseer mejores propiedades de barrera. Este comportamiento se atribuye a la formación de la matriz polimérica de alginato de sodio que con la presencia de las sales de calcio forman lo que se conoce como estructura de “caja de huevos”, lo que permite formar recubrimientos con mayor poder hidrofóbico, cerrando la matriz polimérica y con ella evitando el paso del vapor de agua.

Al aumentar los valores de pH, las películas presentaban mayor grosor al mismo tiempo que se incrementaron los valores de PVA. Lo anterior se comparó con McHugh, *et.al.*, 1993 quienes reportaron que la permeabilidad al vapor de agua aumenta con el grosor de películas hidrofílicas formuladas con caseinato de sodio.

La película que exhibió la mejor barrera contra la humedad fue la formulación preparada con alginato de sodio, plastificantes, sales de calcio y a un pH 6.5.

7.3 Caracterización fisicoquímica de frutos de fresa recubiertos con alginato de sodio

Se caracterizó el alginato de sodio (comercial) para establecer la factibilidad de su uso como recubrimiento. Se aplicó una película comestible a base de alginato de sodio al 0.7% (p/v con relación al alginato) en la superficie de fresas (*Fragaria ananassa*) y posteriormente se almacenaron por un periodo de 12 días a 4°C. Las muestras fueron analizadas durante (0, 3, 6, 9 y 12 días). Los análisis practicados fueron fisicoquímicos, pérdida de peso, permeabilidad al vapor de agua, colorimetría y análisis sensorial. Las determinaciones a tiempo 0 se llevaron a cabo después de 30 min de aplicado el tratamiento, todas por triplicado.

7.3.1 Determinación de la pérdida de peso

Como anteriormente se citó (ver cuadro 1) los frutos frescos están compuestos en un 90-95% de agua. El agua se puede desplazar a través de los poros, cicatrices pedunculares, cutícula y/o heridas existentes sobre la epidermis de las frutas y hortalizas. Al incrementarse el transporte de agua del fruto se presenta mayor pérdida de masa, como en la etapa de senescencia es donde se presenta una pérdida excesiva de agua y como consecuencia la degradación de la pared celular, deshidratando con mayor facilidad al fruto (Ribeiro *et al.*, 2007). Por lo que la pérdida de peso es uno de los principales parámetros para determinar la senescencia del fruto, debido a que con este parámetro

podemos conocer otros atributos fundamentales como son el aspecto, la textura y el aroma.

Los cuales influyen directamente en la determinación del valor comercial de un producto, asociando calidad con aspecto. A mayor pérdida de peso menor tamaño del fruto y la aceptabilidad en el mercado será aún más difícil.

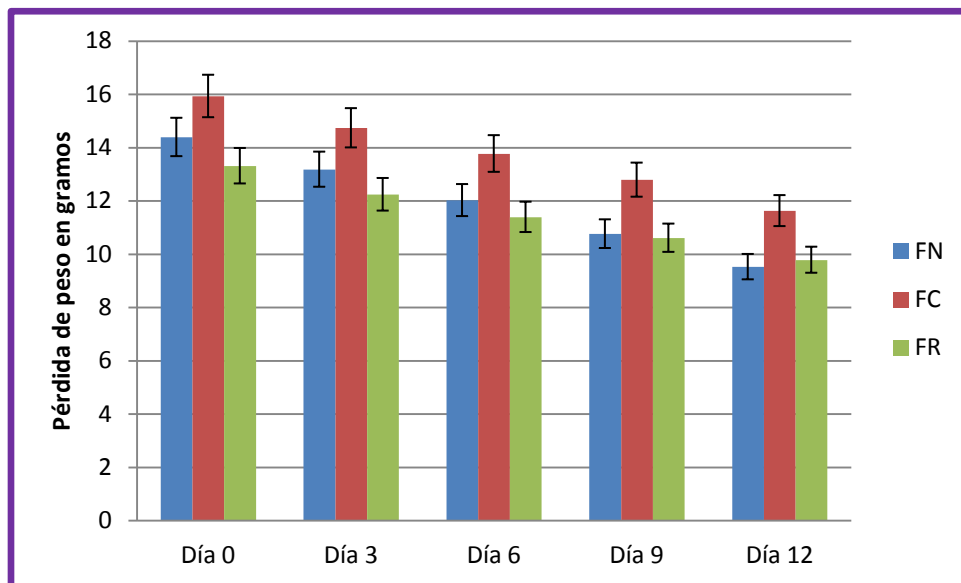


Figura 13. Gráfico de pérdida de peso de fresas recubiertas, respecto al tiempo de almacenamiento a refrigeración comercial. Fresas naturales, Fresas control (en base de alginato de sodio), Fresas muestra (alginato, plastificante y sales de calcio).

Los frutos se analizaron cada tercer día en un periodo de 12 días. Teniendo fresas naturales (FN), fresas control (FC) y fresas con recubrimiento (FR).

La fresa control (FC) al carecer de sales de calcio no ayuda a la formación de la matriz polimérica por lo que presenta mayor pérdida de peso con respecto a los frutos naturales.

Las fresas naturales (FN) presentaron mayor pérdida de peso con respecto a las fresas con alginato (FC) y las fresas con el recubrimiento elegido (FR).

Aunque no fueron diferentes estadísticamente los valores de las tasas promedio de pérdida de peso de los frutos de cada uno de los tratamientos, se observó mayor

porcentaje de pérdida de peso en los frutos al día 9 y 12 de almacenamiento, lo cual se atribuye a un mayor grado de madurez y de acuerdo a Krivorot y Dris (2002) a mayor grado de madurez existe una reducción en la concentración de las pectinas de las fresas.

7.3.2 Determinación del pH

La aplicación del recubrimiento comestible provocó una pequeña reducción ($P: 0.05$) de este parámetro con respecto a las fresas naturales durante los 12 días de almacenamiento (Fig. 14).

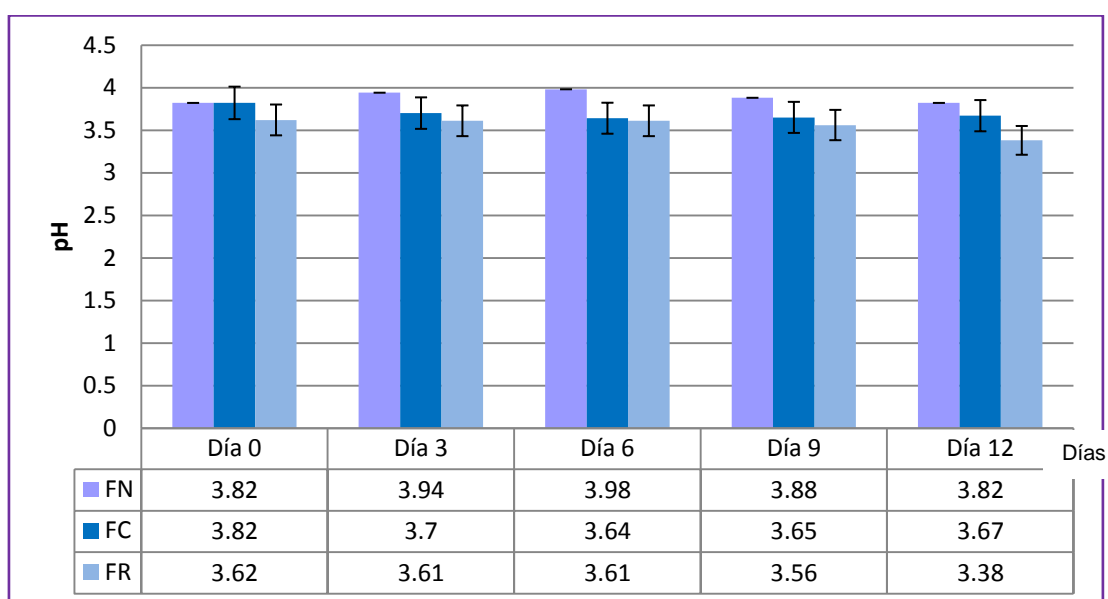


Fig. 14 Efecto del pH en fresas recubiertas a base de alginato de sodio y plastificantes (FR), fresas con alginato (FC), comparadas con fresas naturales, almacenadas a 5 ± 1 °C durante 12 días.

Al reducir el pH se acelera la degradación de carbohidratos poliméricos (sustancias pécticas), pérdida de peso y firmeza. Pero a pesar de esta reducción no se presentaron ninguno de estos cambios en las fresas recubiertas (FR) al contrario se mantuvieron unidas las fuerzas cohesivas que mantienen unidas a las células, y el producto era más firme.

7.3.3 Determinación de acidez titulable

La acidez titulable y el pH no se encuentran directamente relacionados, dado que el pH depende de la concentración de hidrogeniones libres. El pH constituye una medida útil para determinar la calidad del jugo extraído.

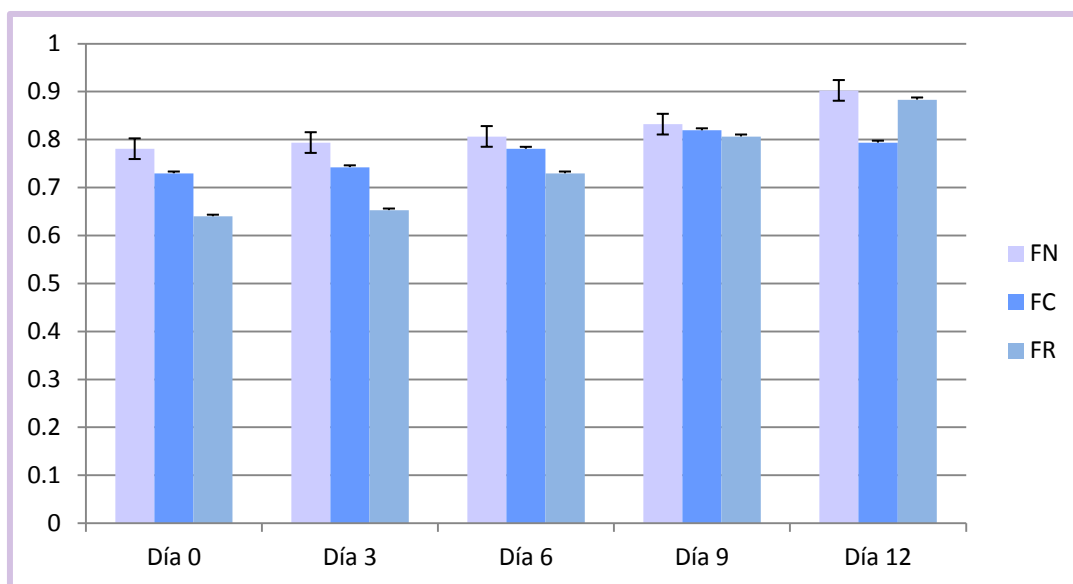


Fig. 15. Efecto del recubrimiento de alginato de sodio en la acidez titulable

Los valores obtenidos de acidez se encuentran en el rango de concentración máxima recomendada para un sabor aceptable de 0.8% (Kader, 1999)

Por otro lado los resultados obtenidos para los tres tratamientos con respecto a la acidez titulable mostraron un ligero incremento en función del tiempo ($p > 0.05$), relacionándolo con el incremento de la cantidad de azúcares, sin observar algún efecto generado por el tratamiento en esta variable.

Los resultados obtenidos para pH y acidez coinciden con los reportados en diferentes estudios en la aplicación de RC a base de quitosano, de gelatina y de gluten de trigo evaluados en fresas almacenadas en refrigeración.

7.3.4 Determinación de Sólidos solubles

Perkins (1995), mencionó que los azúcares son los principales compuestos solubles en los frutos de fresa; de los cuales fructosa, glucosa y sacarosa son los que se encuentran en mayor cantidad y determinan los grados Brix (Hidekazu, 2002, Hamano *et. al.*, 2002; Wrolstad y Shallenberger, 1981).

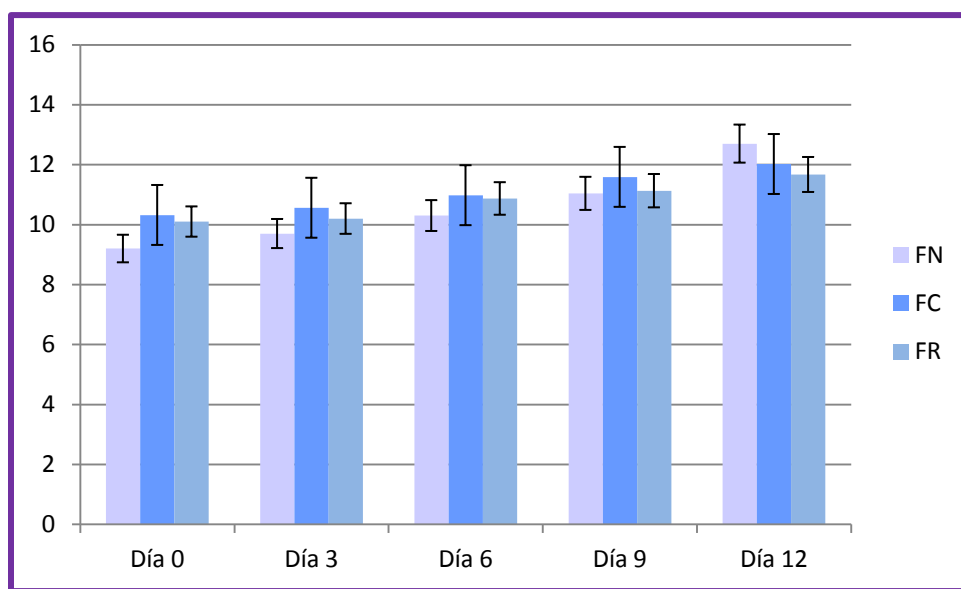


Fig. 16 Efecto del recubrimiento sobre la cantidad de sólidos solubles en el fruto.

Entre mayor grado de madurez presente el fruto mayor será la cantidad de sólidos solubles expresados, por lo que en la gráfica 16 se puede observar que las fresas con recubrimiento presentaron menor incremento de sólidos solubles durante los 12 días de almacenamiento con respecto a las fresas naturales, es decir, el grado de maduración es mínimamente retardado debido al recubrimiento aplicado.

A partir del sexto día incremento el valor de grados Brix hasta en un 12% lo que indica una clara distinción de madurez alcanzando su calidad comestible óptima. Debido a que los azúcares resultantes de la hidrólisis de la sacarosa se utilizan como sustrato en reacciones metabólicas de respiración.

7.4 Parámetros de color

Los valores para los ejes de la escala de color son los siguientes:

El eje L^* = representa la Luminosidad del fruto, a^* = verde/rojo, b^* = amarillo/azul

$C^* = [(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}]$ = croma, $h^\circ = \tan^{-1} (b^*/a^*)$ = ángulo de matiz. Dónde: 0° = rojo-púrpura, 90° = amarillo, 180° = verde, 270° =azul. Cada tratamiento fue evaluado tres veces para obtener una lectura promedio del color.

Por lo que respecta al color, los valores determinados de luminosidad (L), Croma (C) y ángulo de matiz ($^\circ h$) que se presentan en las figuras 17, 20 y 21 indican que los frutos de los diferentes tratamientos aplicados exhibieron los siguientes colores: aquellos recubiertos con alginato de sodio, plastificante y sales mantuvieron tonalidades de rojo-amarillo, durante los 12 días de almacenamiento, a diferencia de las fresas naturales presentando tonalidades rojas más intensas conforme el tiempo.

7.4.1 Coordenada L

Representa la Luminosidad del fruto, cuyos resultados son mostrados en el siguiente gráfico:

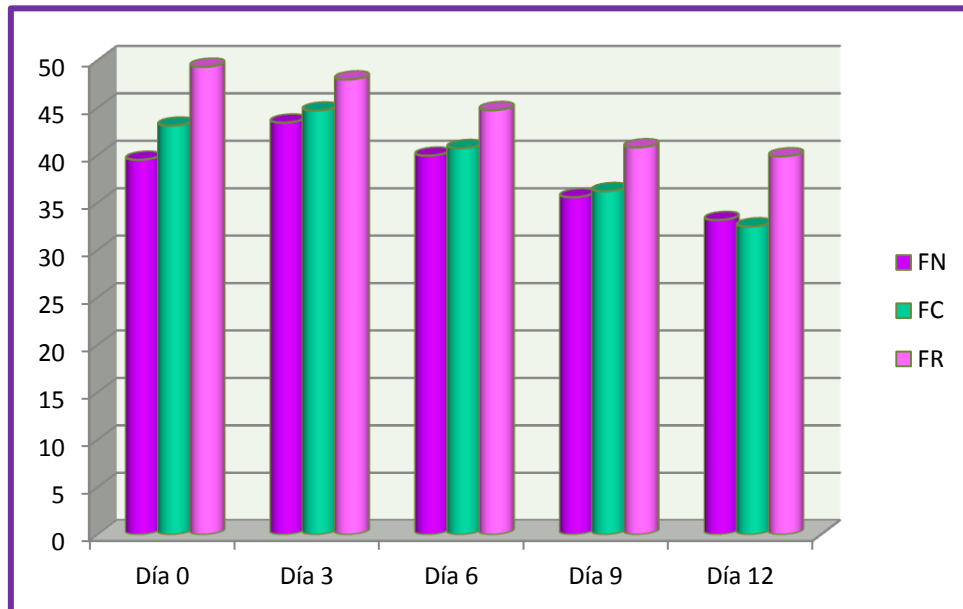


Figura 17. Efecto del recubrimiento de alginato de sodio en la luminosidad de las fresas analizadas.

En la figura 17 de acuerdo al análisis, se observa que no existieron diferencias significativas en la luminosidad (L) de las muestras almacenadas los días 0, 3 y 6 a diferencia de los análisis al día 9 y 12 de almacenamiento. Las muestras de fresas con el recubrimiento elegido (FR) preservaron los valores en la luminosidad superficial de los frutos, durante los 12 días de almacenamiento a 5°C, con respecto a las muestras de fresas naturales que presentaron una disminución significativa (- 43%) a partir del día 6 de almacenamiento posiblemente asociada al oscurecimiento de la piel del fruto debido al pardeamiento oxidativo y a la pérdida de humedad que presentaron las fresas durante el almacenamiento.

Los resultados obtenidos presentan coincidencia con los reportados por Hernandez-Munoz *et al.*, (2004)

7.4.2 Coordenada a*

Esta coordenada representa la tonalidad rojiza de la epidermis de la fresa.

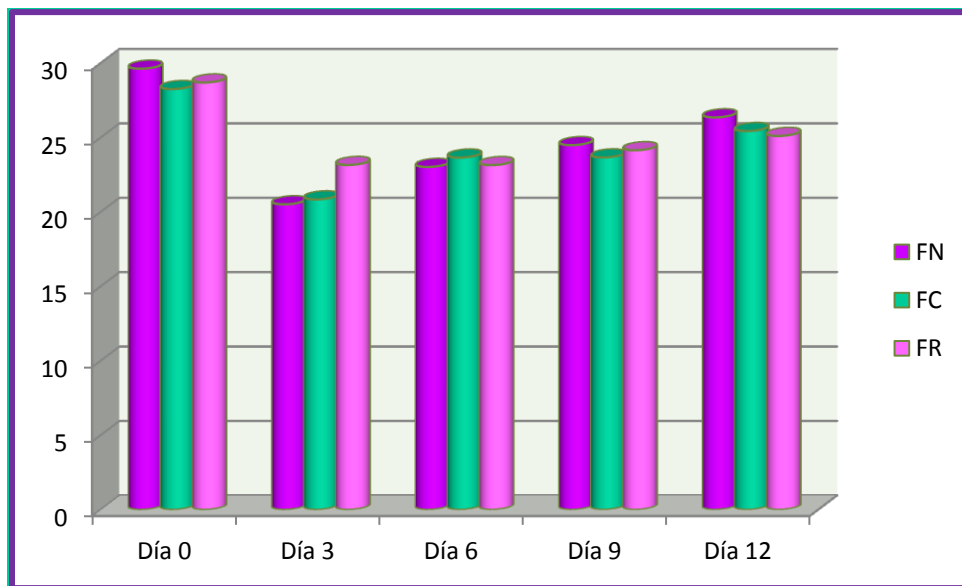


Figura 18. Efecto del recubrimiento de alginato de sodio en la coordenada a* de fresas analizadas en un periodo de 12 días a 5±1 °C.

En la figura 18 se observa una notable disminución entre los días 0 y 3 de los tonos rojos del fruto. Las tres muestras presentaron el mismo comportamiento a diferencia que las fresas con el recubrimiento elegido (FR) que presentaron menores cambios en la tonalidad con respecto a las naturales (FN) y a las fresas control (con alginato de sodio, FA), lo cual significa que el recubrimiento actúa positivamente disminuyendo la pérdida de humedad de los frutos inhibiendo la actividad respiratoria y enzimática así como la transpiración y la disminución en el enrojecimiento de la superficie de los frutos.

7.4.3 Coordenada b*

En la coordenada cromática b* (tonalidad amarilla de la epidermis en la fresa). Para el día 10 se observó una notable disminución de b* en los frutos con RC frente a los frutos control situación que se asocia con reacciones de pardeamiento enzimático y disminución del ácido ascórbico por su degradación.

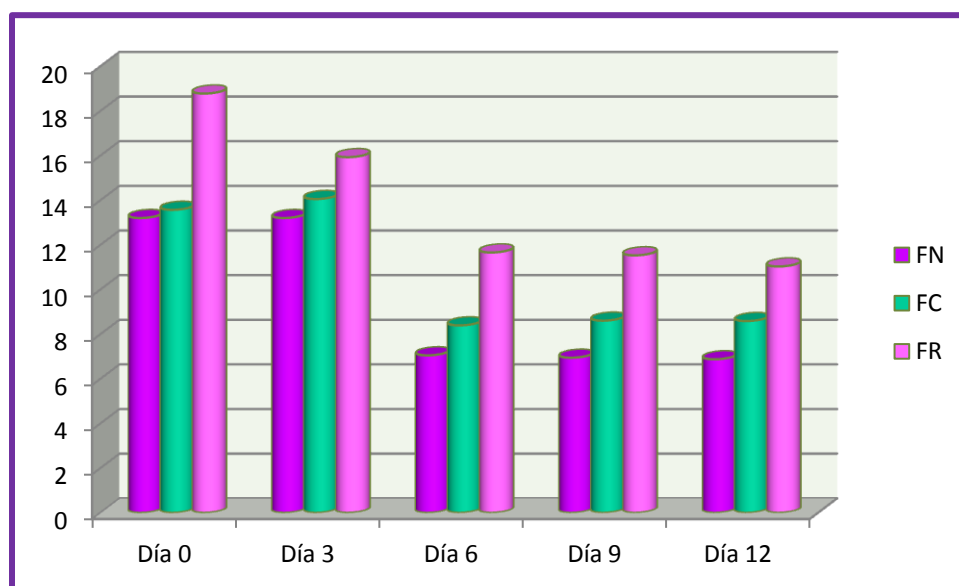


Figura 19. Efecto del recubrimiento de alginato de sodio en la coordenada b* de fresas analizadas en un periodo de 12 días a 5±1 °C.

7.4.4 Coordenada C*

Este parámetro se obtiene por la interacción de los tonos rojos (+a) y amarillos (+b) de la escala de Hunter, con la fórmula $C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$.

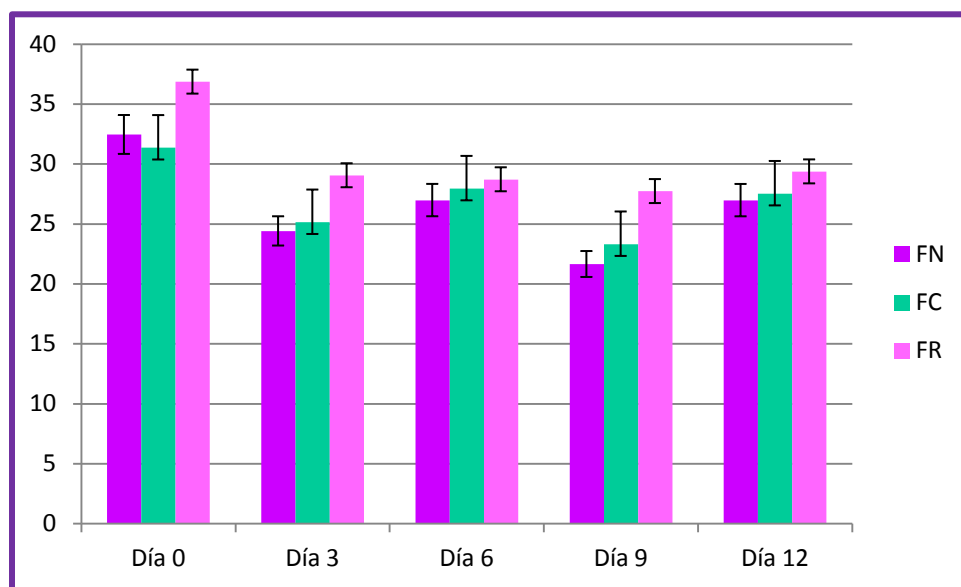


Figura 20. Efecto del recubrimiento de alginato de sodio en la cromaticidad (C*) de fresas almacenadas en un periodo de 12 días a 5 ± 1 °C.

En la figura 20 se observa que las muestras tuvieron un comportamiento significativamente diferente durante todas las mediciones. Estas variaciones se pueden atribuir a la falta de uniformidad en la materia prima utilizada.

7.4.5 Grados hue °H

Los grados hue indican el color del fruto cuyas coordenadas a^* (color rojo) y b^* (color amarillo), los cuales son utilizadas en la fórmula $^{\circ}H = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*}$.

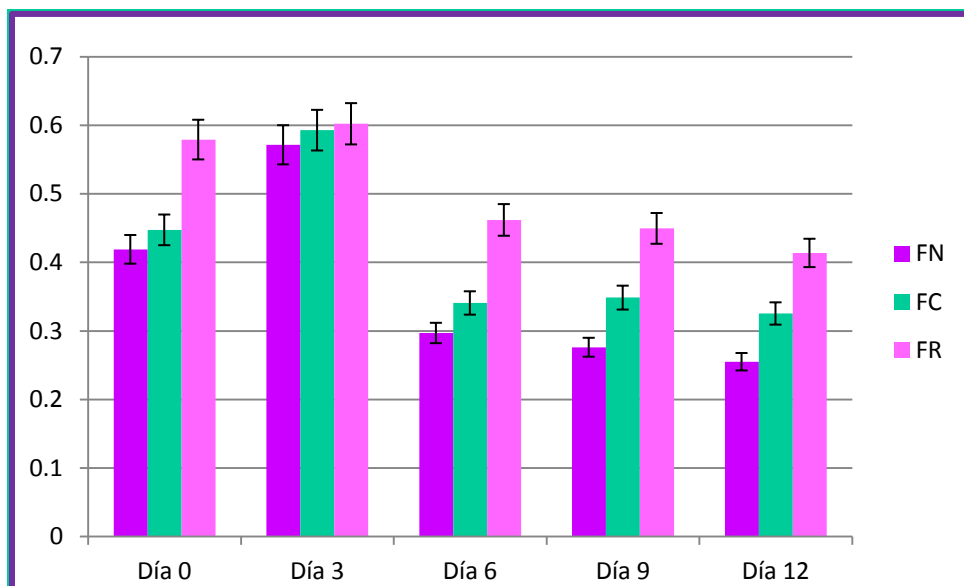


Figura 21. Efecto del recubrimiento de alginato de sodio en los grados hue (°H) de fresas almacenadas en un periodo de 12 días a 5±1°C.

Las muestras presentaron una variación final del ángulo con respecto al inicial. Esto hace suponer que la variación en el ángulo se debe a una disminución en el tono rojo, la cual fue más marcada para las fresas naturales (FN) cuyos valores fueron de 0.25 en el último día de almacenamiento.

Se observó que la aplicación del recubrimiento comestible logró mantener los parámetros de luminosidad, tono y croma, para todos los frutos hubo una disminución a lo largo del almacenamiento, reflejándose un mayor índice de saturación para las fresas naturales debido al pardeamiento no enzimático (reacción de Maillard) (Cubero *et. al.*, 2002).

7.5 Análisis sensorial

Se les realizaron evaluaciones de aceptación a cada una de las muestras de fresas utilizando en total alrededor de 120 panelistas a nivel consumidor para conocer el grado de aceptación del fruto.

Con la finalidad de disminuir el efecto de algunas variables de respuestas, se tomó en cuenta:

- * Que todas las pruebas se realizaran entre la 1 pm y 2 pm.
- * La edad promedio de los panelistas fue entre 19 y 23 años, con variabilidad 50% panelistas del sexo masculino y 50% del sexo femenino.

Fueron evaluados estadísticamente atributos de calidad, tales como: Apariencia, Aroma, Color, Firmeza, Textura, Sabor y Resabio por 12 días de almacenamiento a 5°C.

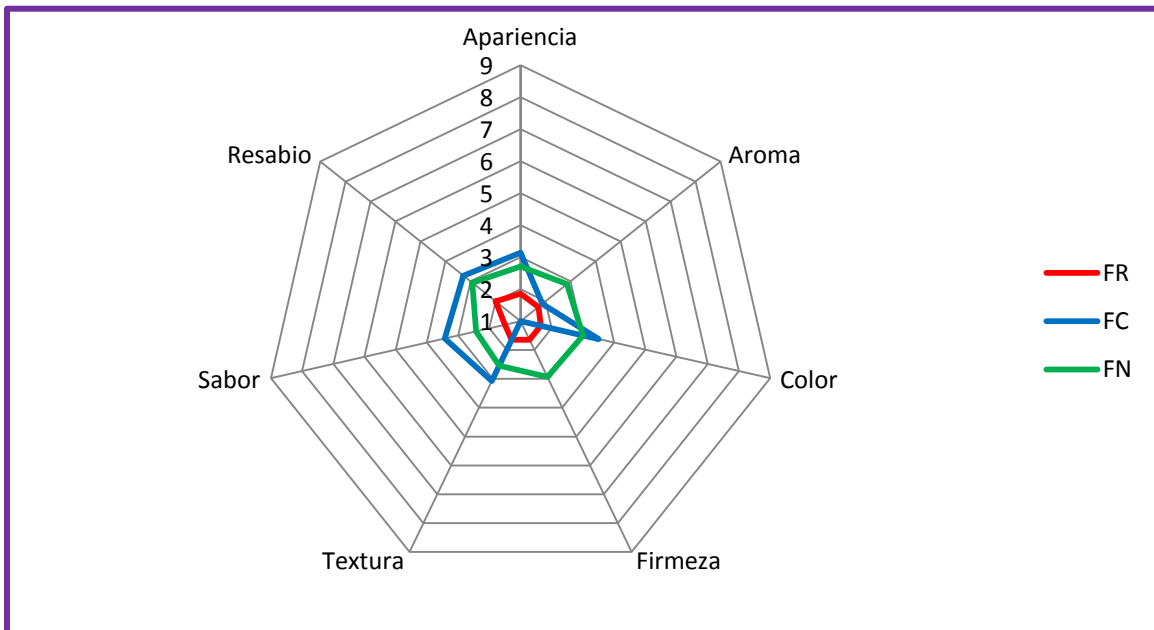


FIGURA 22. Resultados de la prueba de análisis sensorial de fresas realizada en el día 0 de almacenamiento. Donde FN: fresas naturales, FC: fresas recubiertas únicamente con alginato denominadas fresas control y FR: fresas recubiertas con alginato, plastificante y sales de calcio. Análisis bajo escala hedónica de 7 puntos: 1= me gusta muchísimo, 2= me gusta bastante, 3= me gusta ligeramente, 4= ni me gusta ni me disgusta, 5= me disgusta ligeramente, 6= me disgusta bastante y 7= me disgusta muchísimo.

En la figura 22 se muestran los resultados de los frutos evaluados el primer día de almacenamiento (30 min después de la aplicación del recubrimiento). Se puede observar que tanto las muestras (FC) y (FN) obtuvieron calificaciones menores a las fresas con el recubrimiento elegido, las cuales aparte de obtener las mejores calificaciones presentaron mejor apariencia (mayor brillo) al panelista evaluador.

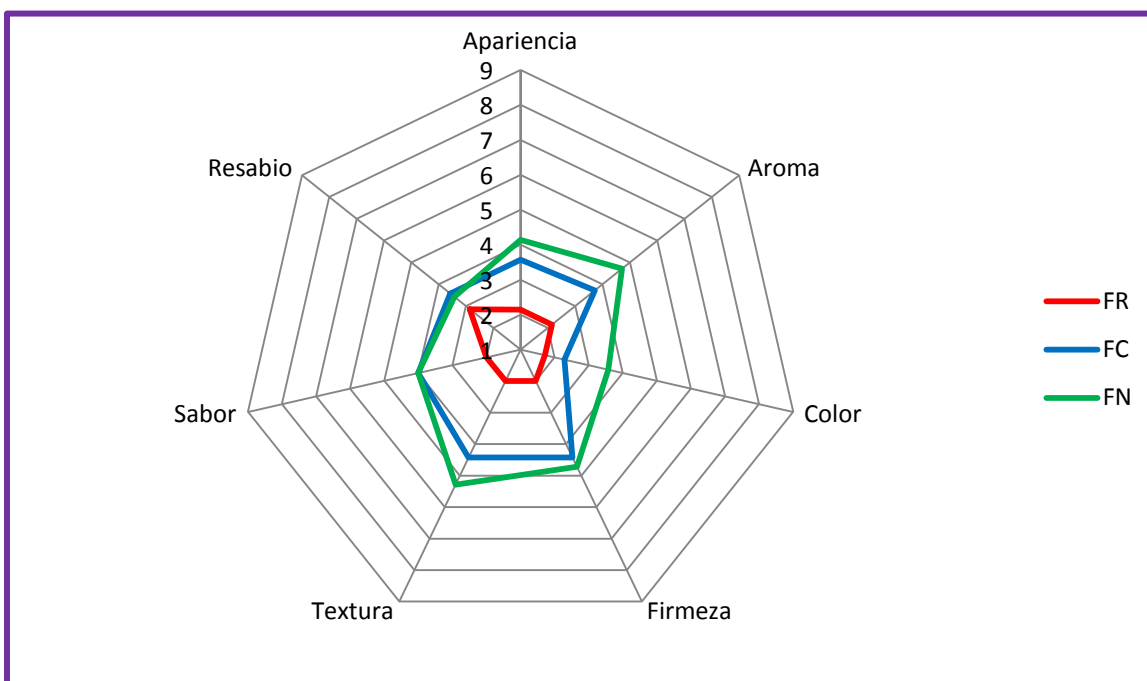


FIGURA 23. Resultados de la prueba de análisis sensorial de fresas realizada en el día 3 de almacenamiento. Donde FN: fresas naturales, FC: fresas recubiertas únicamente con alginato denominadas fresas control y FR: fresas recubiertas con alginato, plastificante y sales de calcio. Análisis bajo escala hedónica de 7 puntos: 1= me gusta muchísimo, 2= me gusta bastante, 3= me gusta ligeramente, 4= ni me gusta ni me disgusta, 5= me disgusta ligeramente, 6= me disgusta bastante y 7= me disgusta muchísimo.

Al día 3 las fresas recubiertas (FR) solo presentaron disminución en la aceptación del resabio, las calificaciones de los demás parámetros se mantuvieron con un alto grado de aceptación frente a las muestras naturales (FN) y FC que presentaron disminución en cada uno de los puntos analizados.

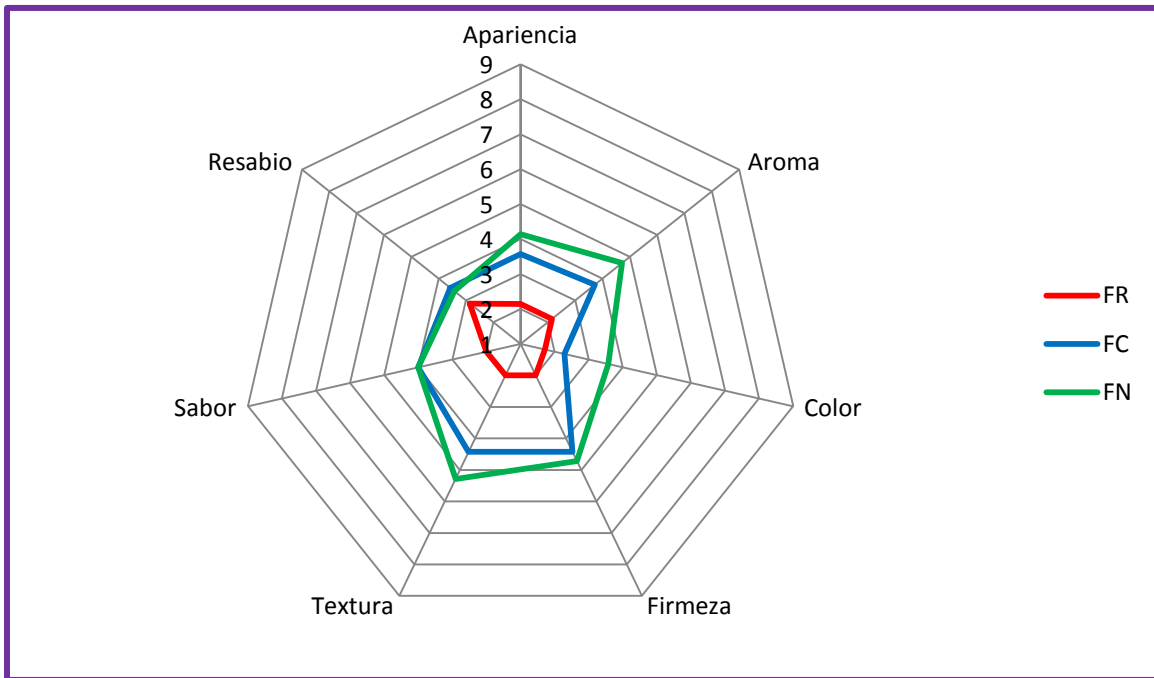


FIGURA 24. Resultados de la prueba de análisis sensorial de fresas realizada en el día 6 de almacenamiento. Donde FN: fresas naturales, FC: fresas recubiertas únicamente con alginato denominadas fresas control y FR: fresas recubiertas con alginato, plastificante y sales de calcio. Análisis bajo escala hedónica de 7 puntos: 1= me gusta muchísimo, 2= me gusta bastante, 3= me gusta ligeramente, 4= ni me gusta ni me disgusta, 5= me disgusta ligeramente, 6= me disgusta bastante y 7= me disgusta muchísimo.

Al día 6 no se presentó ninguna diferencia significativa en ninguno de los parámetros de las muestras analizadas, comparando con los resultados del día 0 y el día 3.

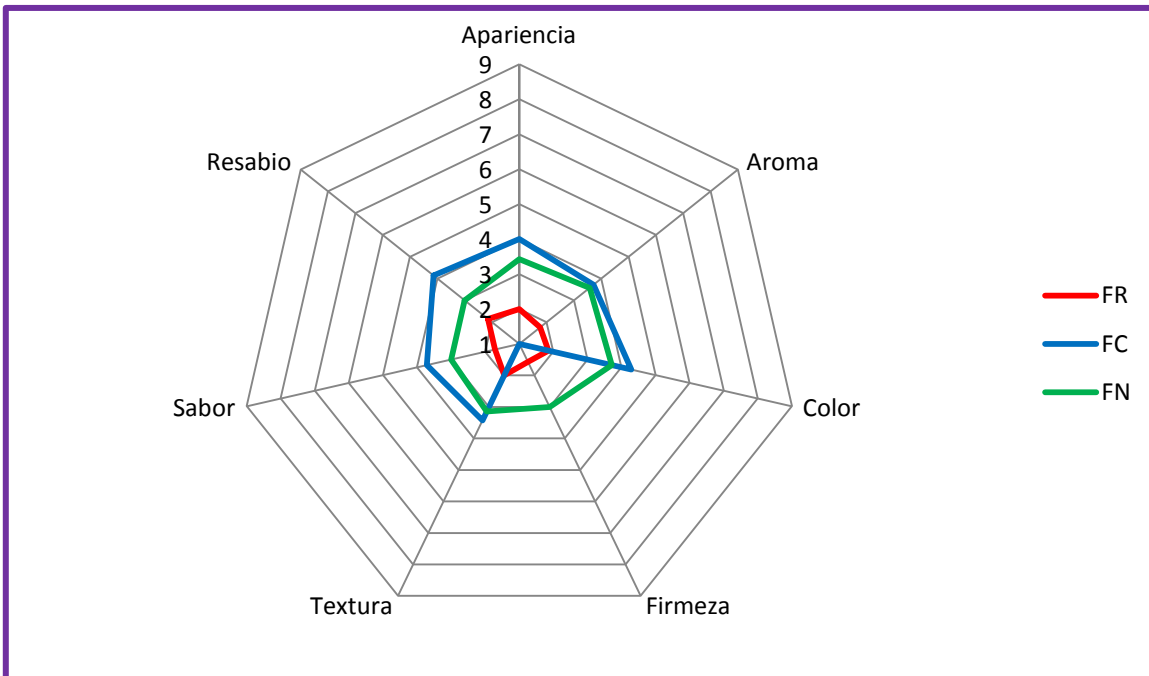


FIGURA 25. Resultados de la prueba de análisis sensorial de fresas realizada en el día 9 de almacenamiento. Donde FN: fresas naturales, FC: fresas recubiertas únicamente con alginato denominadas fresas control y FR: fresas recubiertas con alginato, plastificante y sales de calcio. Análisis bajo escala hedónica de 7 puntos: 1= me gusta muchísimo, 2= me gusta bastante, 3= me gusta ligeramente, 4= ni me gusta ni me disgusta, 5= me disgusta ligeramente, 6= me disgusta bastante y 7= me disgusta muchísimo.

En la figura 25 se observa que las fresas con recubrimiento (FR) siguieron teniendo el mismo rango de aceptación con los panelistas evaluadores, y se observa que existieron calificaciones más altas entre los parámetros de aroma, color y firmeza para los frutos naturales (FN) y FC.

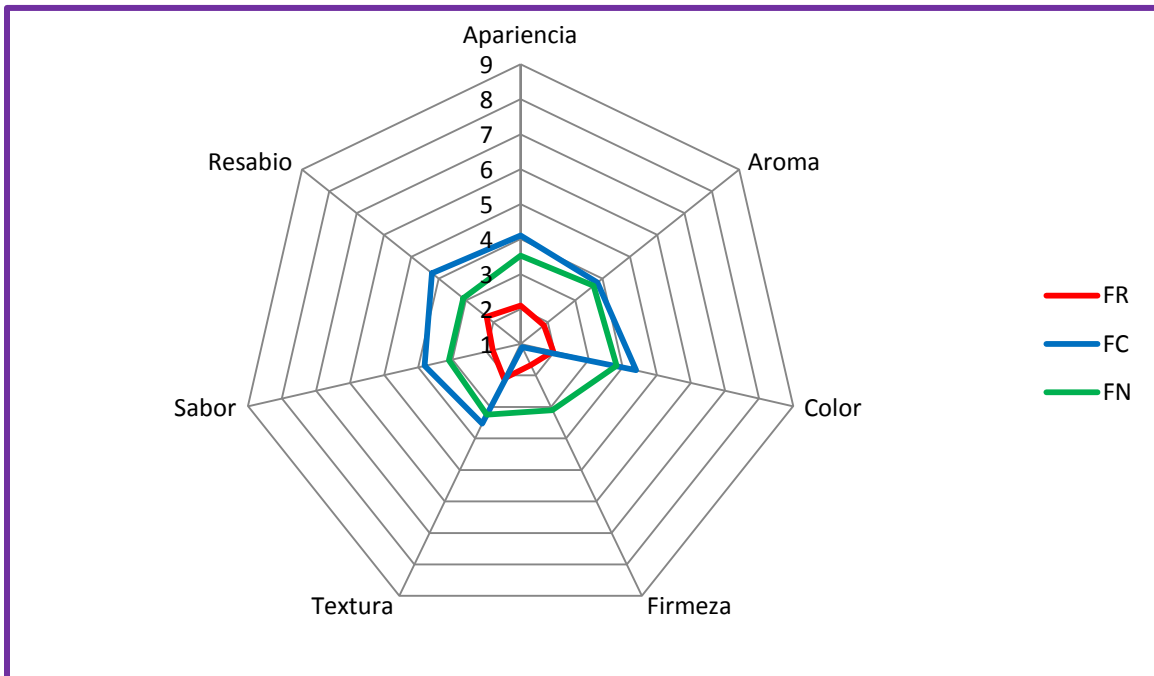


FIGURA 26. Resultados de la prueba de análisis sensorial de fresas realizada en el día 12 de almacenamiento. Donde FN: fresas naturales, FC: fresas recubiertas únicamente con alginato denominadas fresas control y FR: fresas recubiertas con alginato, plastificante y sales de calcio. Análisis bajo escala hedónica de 7 puntos: 1= me gusta muchísimo, 2= me gusta bastante, 3= me gusta ligeramente, 4= ni me gusta ni me disgusta, 5= me disgusta ligeramente, 6= me disgusta bastante y 7= me disgusta muchísimo.

Finalmente, en la figura 26 se muestra la última evaluación para el doceavo día de almacenamiento, donde se observa claramente que los parámetros evaluados para las fresas recubiertas obtuvieron calificaciones superiores a diferencia de las muestras FN y FC.

En aroma, las gráficas 22 y 23 nos indican que a los días 0 y 3 se presentó el mayor grado de aceptación, disminuyendo a partir del día 6 (Fig. 24) probablemente se deba a la pérdida de compuestos volátiles los cuales imparten el aroma y está influenciado por el tiempo y la temperatura, aunque la muestra recubierta (FR) presentó el mismo nivel de aceptación sin ninguna variación durante los 12 días de almacenamiento.

En cuanto a firmeza y textura, las muestras recubiertas con alginato de sodio (FC) presentaron mayor aceptación que las muestras de fresas naturales. Los resultados con

respecto al resabio del fruto no se vieron afectados sensorialmente para ninguna de las muestras.






En sabor, tanto de las muestras (FC) y (FN) presentaron una tendencia individual decreciente en el tiempo, perdiendo sus atributos de sabor lo que hace que se marque una gran diferencia con respecto a las fresas recubiertas que sensorialmente resultaron ser similares, evidenciando el efecto positivo que tiene el recubrimiento en la conservación del sabor de los frutos en su vida de anaquel.

En los parámetros de apariencia y color las muestras recubiertas con alginato de sodio y las muestras naturales no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$) por efecto del tiempo, sin embargo para el noveno día se observa una leve tendencia al descenso de las percepciones del color en las fresas recubiertas solamente con alginato (FC).

Sin embargo, para las fresas con el recubrimiento elegido se presentó el mismo nivel de valoración por parte de los panelistas.

El recubrimiento actuó positivamente contra el paso de compuestos aromáticos desprendidos por el fruto. Además de que según la calificación de los panelistas evaluadores se mejoró el sabor y la textura en el fruto recubierto en los días 12 de evaluación.

Cuadro 5. Aspecto de las fresas (*Fragaria ananassa* Var. Camarosa) tratadas con las diferentes formulaciones durante 12 días de almacenamiento a 5°C ± 1°C.

Días de almacenamiento	FR, FC y FN	Fresas recubiertas (con alginato de sodio, plastificantes y sales), fresas recubiertas únicamente con alginato y fresas naturales, respectivamente.
Día 0		
Día 3		
Día 6		
Día 9		
Día 12		

En el cuadro 5 se presentan las imágenes del transcurso de almacenamiento de las fresas a $5\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por 12 días de almacenamiento. El recubrimiento a base de alginato de sodio proporcionó una mayor retención de la firmeza para las fresas tratadas (79%), por lo que se prolongó su tiempo de almacenamiento sin alteraciones.

En este proyecto de investigación, no solo se logró prolongar la vida de anaquel de las fresas sino que también se mejoró la estética al fruto, al impartirles mayor brillo que los frutos naturales, y una apariencia más fresca y sana comparada con el resto de los frutos tratados con las otras formulaciones.

La segunda serie no se pudo completar debido a un mal almacenamiento. Un cambio de temperatura ($+2^{\circ}\text{C}$) al utilizar dos tipos de refrigeradores, provocó pérdidas de agua en las fresas disminuyendo la rigidez de las paredes celulares.

Las fresas solamente se pudieron analizar los días 0, 3, 6 y 9. No se pudo obtener un promedio porque los análisis no se complementaron pero aun así se observó que el recubrimiento a base de alginato de sodio tiene efectos positivos en el fruto, en términos de criterios de calidad. En el aspecto (Fig. 27), las fresas naturales poseían una epidermis demasiado frágil a diferencia de las fresas recubiertas aunque presentaban daños por frío aun mantenían fuerzas cohesivas unidas proporcionándole rigidez a las paredes celulares. Las fresas control presentaban un término medio pero carecían de otros atributos de calidad como son: olor, sabor.

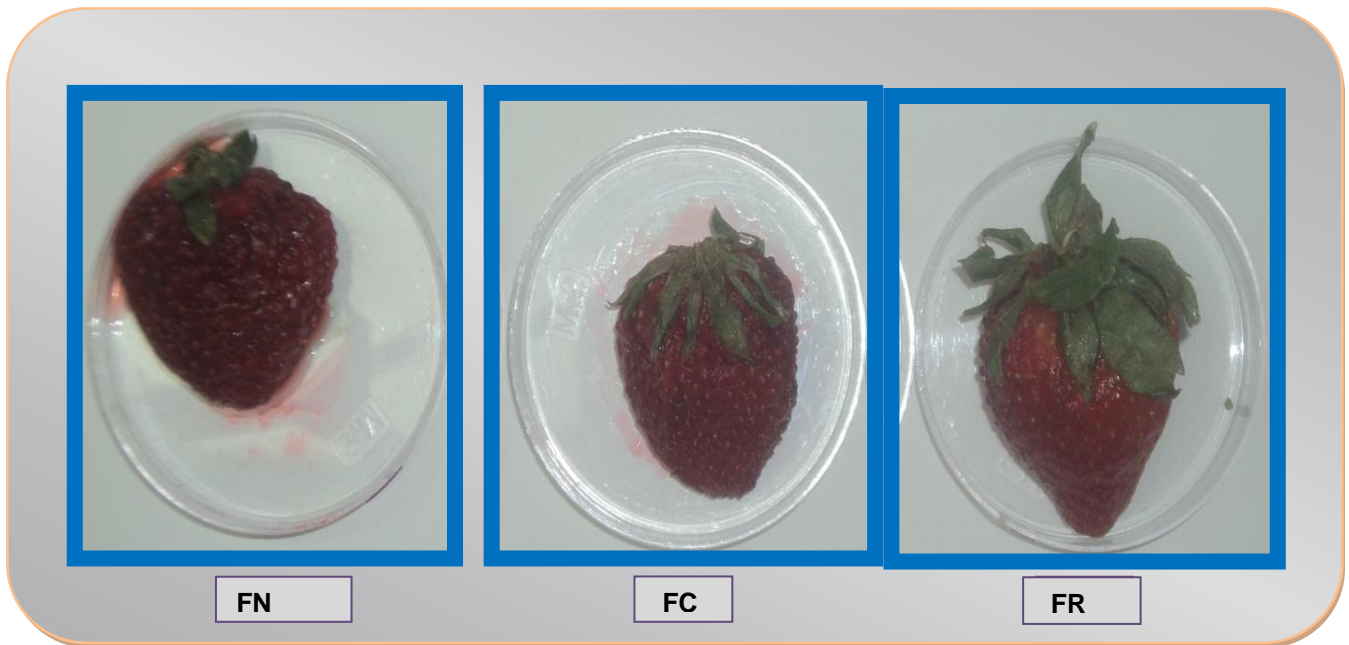
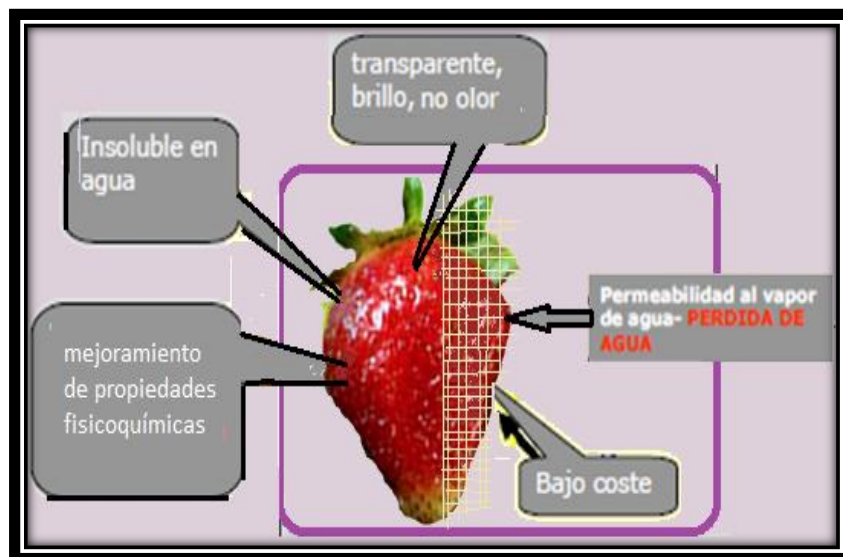


Figura 27. Apariencia de Fresas al día 9 con un cambio de temperatura de almacenamiento. Señalados como FN, FC y FR que corresponden a fresa natural, fresa con alginato y fresa recubierta, respectivamente.

El tratamiento con alginato de sodio a 0.7% resultó efectivo para reducir pérdidas en parámetros de calidad de fresas (*Fragaria ananassa*), así mismo se favoreció el rango de aceptabilidad del producto al consumidor, reduciendo los efectos de maduración del fruto hasta un 78% con respecto a las fresas sin recubrimiento, prolongando su vida útil hasta más de 12 días.



8 CONCLUSIONES

En este trabajo se desarrollaron diferentes formulaciones para la elaboración de la suspensión filmogénica de alginato de sodio resultando con mejores resultados: la formulación elaborada con Alginato al 0,7% (p/v); sales de calcio CaCO_3 al 0.2%(p/p) y Gluconal Cal-A^{MR} al 0.5%(p/p); Glicerol al 20%(p/p) como plastificante comercial y 0.2%(p/p) Tween 80 como agente emulsificante, tensoactivo.

Para lograr obtener un efecto correcto de plastificación, se estableció la relación entre el peso específico del alginato y el glicerol.

A pesar que la conservación en frío es una práctica habitual para prolongar el periodo de almacenamiento de frutas, se debe conocer la temperatura óptima de almacenamiento del fruto. Las fresas se almacenaron en refrigeración a 5 ± 0.5 °C, al aumentar la temperatura, el fruto sufre daños por frío reflejándose principalmente en el aspecto de las fresas causados por la ruptura de las paredes celulares del fruto.

En las fresas tratadas se mantuvieron las propiedades organolépticas y sensoriales por más tiempo. Durante el análisis se observó la degradación de los tejidos y cambios de color en los frutos pero resultaron mayormente dañados los frutos sin tratamiento, lo cual indica que la implementación de este recubrimiento comestible a base de alginato resulta eficiente como barrera a la humedad, al sabor y al aroma; primordialmente mejoró y prolongó la calidad del fruto en un (78%) comparado con las fresas naturales.

Las fresas con recubrimiento conservaron mayor firmeza durante el almacenamiento y en general mejores características de calidad con respecto al resto de las muestras, esto se debe a la reducción de la actividad enzimática de Pectin-liasa que aunque no fue evaluada, bibliográficamente se conoce que la inhibición de esta enzima retrasa el ablandamiento en los frutos.

Se observó un efecto positivo en la calidad de las fresas, utilizando el recubrimiento comestible elegido, tanto en las propiedades físicas, químicas y

sensoriales. Lo cual indica que puede ser un método viable para alargar la vida de anaquel de ésta fruta y rentable para la importación.

XI. LITERATURA CITADA

- Alonso JM, Chamarro J, and Granell A (1995) Evidence for the involvement of ethylene in the expression of specific RNAs during maturation of the orange, a non-climacteric fruit. *Plant MolBiol*29: 385–390
- Alavoine, F.; Crochon, M. (1989) Taste quality of strawberry (1989). *Acta Horticulturae* págs. 265: 449-452.
- Asaph A.; Leopold C.P. Keizer. Novel Insight into Vascular, Stress, and Auxin-Dependent and -Independent Gene Expression Programs in Strawberry, a Non-Climacteric Fruit. August 2000. *Journal of Experimental Botany*. 51 (349); 1471-1473.
- ASTM E96-80. 1980. Standard Test Method for Water Vapor transmission of materials. En ASTM book of standards, USA.
- Ausbert C.; Baumann S. and Arguel H. 2005. Optimization of the analysis of flavor volatile compounds by liquid-liquid microextraction (LLME). Application to the aroma analysis of melons, peaches, grapes, strawberries and tomatoes. *J. Agric. FoodChem*. 53: 8881-8895.
- Badui Dergal, S.; Bourges-Rodríguez, H. y Anzaldúa-Morales, A. “Química de los alimentos”. Alhambra Mexicana, S.A. de C.V. México 1990 págs. 588-593
- Baldwin E.A., (1994). Edible coatings for fresh fruits and vegetables: past, present, and future en *Edible coatings and films to improve food quality*. Lancaster, Technomic publishing. Ed. Springer. Págs. 3-27
- Bernalte, M. J.; Sabio, E.; Hernandez, M. T. and Gervasini, C. (2003). Influence of storage delay on quality of “Van” sweet cherry. *Postharvest Biology and Technology*, 28: 303-312.
- Cid Cid L. E. Elaboración y caracterización de láminas de pulpa de frutilla (*Fragaria x annanasa Dush*) con incorporación de ácido ascórbico y concentrado de granada. Chile 2007. Págs. 11: 21-30.
- Cuq B., Gountard, N. y Guilbert, S. edible films and coatings as active layers. Blackie Academic and professional, Glasgow 1995.
- Charley, Helen. Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos. México: Limusa, 2005
- Chandler, C; Albregts, E.E; Howard, C.M; Brecht, J.K. 2008. “Sweet Charlie” strawberry. University of Florida IFAS (Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas) extension. Consultado 2 de septiembre de 2010.
- Erich Lück. Conservación química de los alimentos. España: Acribia 1977
- Garraín D; Vidal R; Martínez P; Franco V; Cebrián-Tarrasón D; (2008). LCA of biodegradable multilayer film from biopolymers. *J. Polymers and the Environment*. Vol. 19 págs. 2-4

- Greener D. y Fennema, O. 1994. Edible Films and coatings: Characteristics, Formation, Definitions and Testing Methods: En: Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. J.M. Krotcha, E.A. Baldwin y M. Nisperos –Carriedo (Eds.) Technomic, Lancaster, Pensilvania, EUA. págs. 1-19.
- Horwitz, W. 2005. Official methods of analysis of AOAC international (AOAC 997.02). 18 ed. Estados Unidos. AOAC International.
- Kester, J. J. and Fennema, O. 1986. Edible films and coatings: A Review. Food Technology 40: 47-59.
- Kramer, A., Twigg, B.A. Quality control for the food industry. Vol. 1. Fundamentals. 3ra. Ed. Westport. 1970
- Martínez-Soto G. y Mercado-Flores, J. (2003). Propiedades Fisicoquímicas de Seis variedades de Fresa (*Fragaria ananassa*) que se Cultivan en Guanajuato. Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Guanajuato. Pág. 1-8
- Manoli, E. F. Dalas. Revista de ciencias de los materiales: los materiales en la medicina. Efecto de alginato de sodio sobre el crecimiento de cristales de carbonato de calcio Universidad de Patras, Departament de Química, GR-26500 Patras, Grecia.
- Ménager, I; Jost, M; Aubert C. 2004. Changes in physicochemical characteristics and volatile constituents of strawberry (Cv. Cigaline) during maturation. J. Agricultural & Food C. Vol 1248. Pág. 3
- Morales C. Z.; David A. Honduras. Diciembre, 2010. “Desarrollo y evaluación de una mermelada de fresa (*Fragaria vesca* L.) como ingrediente para el yogur de fresa de la Planta de Lácteos de Zamorano”.
- Pérez-Gago M.B and J.M. Krochta. Water Vapor Permeability of Whey Protein Emulsion Films as Affected by pH. J. Food Sci. Volume 64, No. 4, 1999
- Perkins-Veazie P.M, Huber D.J, Brecht J.K. (1995). Characterisation of ethylene production in developing strawberry fruit. Plant Growth Reg. págs. 17: 33–39
- Finotelli P. V; Da Silva D; Sola-Penna M; Malta Rossi A; Farina M; Rodrigues Andrade L; Yoshihaki Takeuchi A; Rocha-Leão M.H. 2010. “Microcapsules of alginate/chitosan containing magnetic nanoparticles for controlled release of insulin” by Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. P{ag. 1-6.
- Romero B.C.M; Martín P. M. O. y Velazquez G. 2004. Effect of plasticizer, pH and hydration on the mechanical and barrier properties of zein and ethylcellulose films. Ciencia y Tecnología Alimentaria. 4: 251-256.
- Rojas-Castro W. N., Chacón-Villalobos A., Pineda-Castro M.L. 2007. Características del yogurt batido de fresa derivadas de diferentes proporciones de leche de vaca y cabra. Agr. Mesoamericana 18: 7-10
- Sánchez-González L. Vargas Mincluir. (2008). Incorporación de productos naturales en recubrimientos comestibles para la conservación de alimentos.
- shafiurRahman M. Handbook of food preservation, 2da ed. Advisory Board, E.U.A, 2007, págs. 867-894.
- Torres B. A. E. 2008. Obtención y caracterización fisicoquímica de bioempaques a base de alginato de sodio y aceite esencial de orégano (*Lippigraveolens*) Tesis de Licenciatura en Ingeniería

Bioquímica. Instituto Tecnológico de Celaya. Laboratorio de Fisicoquímica y materiales de Empaques Alternativos.

Tucker Gary S. Food biodegradation and preservation, 1 ed., Ed. Blackwell Publishing UK, 2008, págs. 193-210

Vachon C; D'Aprano G; Lacroix M; Letendre M (2003). Effect of edible coating process and irradiation treatment of strawberry fragaria spp. on storage-keeping quality. *J. Food Science*. 2:608-612.

Zeuthen P. P. E.U.A, 2003. Food preservation techniques, 1 ed. Editorial Woodhead, págs.179-198.

*Veo al final de mi rudo camino
que yo fui el arquitecto de mi propio destino;
que si extraje las hieles o la miel de las cosas,
fue porque en ellas puse hiel o mieles sabrosas:
cuando planté rosales, coseché siempre rosas.*

Amado Nervo