



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“Efecto de un recubrimiento comestible activo a base de almidón
modificado durante el almacenamiento de fresa (*Fragaria ananassa*)”**

TESIS

Que para obtener el título

LICENCIADA EN QUÍMICO FARMACOBIOLOGO

PRESENTA:

p. Q.F.B. ROCÍO NAVA RODRÍGUEZ

DIRECTOR

DR. CARLOS REGALADO GONZÁLEZ.

ASESOR

DRA. SANDRA LUZ CABRERA HILERIO

Puebla, Pue.

Octubre, 2014

Los experimentos se realizaron en el Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Facultad de Química, UAQ, CU. Cerro de las Campanas. Querétaro, Qro.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. ANTECEDENTES	4
3.1. Productos hortofrutícolas frescos.....	4
3.2. Empaques y recubrimientos comestibles	5
3.3. Propiedades funcionales de los recubrimientos comestibles	6
3.4. Materiales utilizados en la formulación de recubrimientos comestibles ..	7
3.4.1. Polisacáridos	8
3.4.2. Proteínas	9
3.4.3. Lípidos.....	9
3.4.3.1. Cera de abeja	9
3.5. Recubrimientos comestibles activos	10
3.5.1. Antimicrobianos Naturales	10
3.5.1.1. Arginato láurico (Mirenat-D).....	11
3.5.1.2. Natamicina	12
3.6. Empleo de recubrimientos comestibles en la conservación de fresas frescas	13
3.7. Fresa	13
3.7.1. Producción de fresa a nivel nacional y mundial	14
3.8. Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de fresas frescas con recubrimiento activo.....	14
3.8.1. Características de textura de la fresa.....	16
3.8.2. Análisis de Perfil de Textura	18
3.8.3. Índice de madurez	21

3.8.4. Color	21
3.9. Evaluación sensorial.....	24
3.9.1. Pruebas objetivas	25
3.9.2. Pruebas Hedónicas	25
4. JUSTIFICACIÓN	27
5. OBJETIVOS	28
5.1. General	28
5.2. Específicos	28
6. DIAGRAMA DE TRABAJO	29
7. MATERIALES Y MÉTODOS	30
7.1. MATERIALES.....	30
7.1.1. Material Biológico.....	30
7.1.2. Reactivos	30
7.1.3. Equipos	30
8. MÉTODOLÓGÍA	31
8.1. Resumen de las metodologías empleadas	31
8.2. Elaboración del recubrimiento comestible a base de almidón modificado.....	31
8.3. Aplicación del recubrimiento comestible activo en fresa	32
8.4. Evaluación del recubrimiento comestible activo en la inhibición de <i>Botrytis cinerea</i> ATCC 12481	33
8.5. Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de las fresas frescas	35
8.5.1. Evaluación de la pérdida de peso	35
8.5.2. Determinación de la acidez titulable (AT)	36
8.5.3. Determinación del pH.....	36
8.5.4. Determinación de sólidos solubles totales (SS)	36
8.5.5. Evaluación del color superficial de los frutos	36
8.5.6. Evaluación de firmeza	37
8.5.7. Determinación de vitamina C.....	37

8.6. Evaluación sensorial de fresas tratadas con el recubrimiento comestible activo	38
8.7. Análisis Estadístico	39
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
9.1. Evaluación del recubrimiento comestible activo en la inhibición de <i>Botrytis cinerea</i> ATCC 12481	43
9.2. Humedad de fresa	45
9.3. Evaluación de pérdida de peso	46
9.3.1. Determinación de sólidos solubles totales (SS)	48
9.3.2. Comparación del porcentaje de pérdida de peso y SS	50
9.3.3. Determinación de acidez titulable (AT)	51
9.3.4. Determinación de pH.....	53
9.3.6. Evaluación del color superficial de los frutos	54
9.3.7. Evaluación de firmeza	57
9.3.7.1. Propiedades de fresa (cohesividad, elasticidad, resiliencia)	58
9.4. Evaluación sensorial.....	61
10. CONCLUSIONES.....	64
11.- PERSPECTIVAS	65
12. BIBLIOGRAFÍA.....	66
13. ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Atributos de calidad de frutas y hortalizas frescas (Lin y Zhao, 2007).	4
2	Ventajas de los recubrimientos comestibles (Han y Gennadios, 2005; Krochta, 2002).	6
3	Clasificación de las características de textura.	17
4	Escala hedónica de 7 puntos para la evaluación sensorial de alimentos a nivel consumidor (Anzaldúa-Morales, 1994).	26
5	Composición del agar rosa de bengala-cloranfenicol	35
6	Condiciones iniciales para el análisis de perfil de textura (TPA).	37
7	Determinación de humedad de fresas variedad "Camino Real".	46
8	Pérdida de peso (%) de fresas variedad "Camino Real", en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.	46
9	Valores de % SS (°Brix) de fresas variedad "Camino Real", en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.	49
10	Valores de AT expresados como % de ácido cítrico (p/p) de fresas variedad "Camino Real", en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.	52

11	pH de fresas variedad “Camino Real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.	53
12	Evolución de los parámetros de color (L^* , a^* , b^*) en fresas variedad “Camino Real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.	56
13	Firmeza de fresas (N) variedad “Camino Real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios \pm desviación estándar.	58
14	Propiedades: cohesividad, elasticidad y resiliencia de fresas variedad “Camino Real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios \pm desviación estándar.	59
15	Variación del contenido de vitamina C de fresas variedad “Camino Real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios \pm desviación estándar.	60
16	Evaluación sensorial de color, aroma, textura, sabor, apariencia y preferencia general de fresas variedad “Camino Real”, en función del tiempo de almacenamiento (0 y 8 días) a 4°C y 80% HR, con escala hedónica de siete puntos.	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Principales propiedades funcionales de un recubrimiento comestible aplicado en productos frescos (Lin y Zhao, 2007).	7
2	Principales materiales utilizados en recubrimientos comestibles para frutas y hortalizas frescas mínimamente procesadas (Olivas y Barbosa-Cánovas, 2009).	8
3	Curva representativa de la masticación simulada por un texturómetro (Yang et al., 2007).	18
4	Curva típica representativa de los parámetros evaluados en el análisis de perfil de textura (TPA) (Adaptada de Yang et al., 2007).	19
5	Cambios de color durante la maduración de la fresa (índice de madurez empleado).	21
6	Representación de las coordenadas a^* , b^* y L^* , de acuerdo con la CIE (Giese, 2000).	24
7	Fresas (C) variedad "Camino real" almacenadas a 0, 4, 8, 12 y 16 días a 4 ° C y 80 % HR.	40
8	Fresas (OS-LAE) variedad "Camino real" almacenadas a 0, 4, 8, 12 y 16 días a 4 ° C y 80 % HR.	41

9	Fresas (OS-NAT) variedad "Camino real" almacenadas a 0, 4, 8, 12 y 16 días a 4 ° C y 80 % HR.	42
10	Recuperación de esporas de fresa variedad "Camino Real" en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80 % HR.	43
11	Tratamiento (OS-LAE) + IN sin crecimiento micelial almacenadas por 12 días a 4°C y 80 % HR	42
12	Tratamiento (OS-NAT) + IN sin crecimiento micelial almacenadas por 12 días a 4°C y 80 % HR	42
13	Comparación de porcentaje de pérdida de peso y SS en fresas variedad "Camino Real", almacenadas a 4°C y 80% HR.	51
14	Comparación de % de pérdida de peso y SS en fresas variedad "Camino Real", almacenadas a 4°C y 80% HR.	54
15	Tratamiento (OS-LAE) observándose el desprendimiento del recubrimiento, fresas almacenadas a 4°C y 80 % HR por 16 días.	55

1. RESUMEN

La fresa (*Fragaria ananassa*) es una de las frutas de color rojo con mayor aceptación mundial y una fuente rica en vitamina C, minerales, flavonoides y carotenoides. Sin embargo tiene la desventaja de ser muy perecedero, debido a su elevada respiración y carencia de barrera exterior que limita su retención de agua. La conservación de la fresa se ve limitada por su poca resistencia a los daños mecánicos y al ataque microbiológico. El objetivo de este trabajo fue analizar las propiedades fisicoquímicas e inhibitorias del hongo deteriorador *Botrytis cinerea*, en fresas variedad Camino Real con recubrimiento comestible activo a base de almidón modificado (OS) adicionado con dos antimicrobianos naturales (arginato laúrico, LAE y natamicina, NAT), OS-LAE y OS-NAT, respectivamente. Las muestras se almacenaron a 4 ° C y 80 % HR, y se analizó la pérdida de peso durante 16 días, con tres repeticiones. El recubrimiento se aplicó por inmersión. Se evaluó también la acidez titulable (AT), pH, sólidos solubles totales (SS), vitamina C, firmeza, y el color de los frutos durante el almacenamiento. El análisis estadístico mostró mayor pérdida de peso en las muestras control (C) respecto a OS-LAE y OS-NAT. El periodo de almacenamiento y el recubrimiento no afectaron la AT y pH, sin embargo, esto no sucedió en los SS y color ya que se observó un ligero desprendimiento del recubrimiento. Las muestras (C) y (OS-NAT) fueron las únicas con aumento significativo en la firmeza. Por lo tanto, el recubrimiento contribuye a mejorar los parámetros de textura, vitamina C y pérdida de peso durante el almacenamiento. Más investigación es necesaria para evaluar el mejor método de recubrimiento.

2. INTRODUCCIÓN

Las frutas y hortalizas frescas se obtienen a través de diversas operaciones unitarias, las cuales pueden influir en procesos de alteración responsables de cambios bioquímicos que conllevan a la degradación de la calidad del producto (Rojas-Graü, 2006).

El desarrollo y caracterización de empaques comestibles ha atraído la atención de muchos investigadores debido a la gran variedad de aplicaciones que ofrecen a la industria alimentaria, en particular a la conservación de frutas y hortalizas frescas por su selectiva funcionalidad, ya que además de contribuir a la disminución del deterioro del alimento dentro del empaque, convierte en positivos los cambios que acontezcan durante la vida del producto empacado (Janjarasskul y Krochta, 2010).

Las propiedades funcionales de los recubrimientos comestibles dependen en primera instancia del tipo de alimento al cual se le destinará su aplicación (características fisicoquímicas), sus condiciones de almacenamiento (humedad y temperatura) y sus principales vías de deterioro, los cuales estarán relacionados con el tipo de material a utilizar en la elaboración del recubrimiento comestible, su formación y su método de aplicación, además de que la tecnología y la materia prima involucrada en la producción de estas alternativas de conservación sean accesibles y viables económicamente (Kester y Fennema, 1986; Guilbert *et al.*, 1995).

La principal causa de deterioro de la mayoría de los productos frescos es el crecimiento de la superficie microbiana. La generación de recubrimientos comestibles incorporando antimicrobianos ha sido el principal propósito para la nueva generación de empaques comestibles activos debido a su biodegradabilidad, su capacidad de realzar sabores y colores, reducir la pérdida de humedad y principalmente evitar el crecimiento microbiano (Suppakul *et al.*, 2003; Quezada-Gallo, 2009).

La fresa (*Fragaria ananassa*) es una de las frutas de color rojo con mayor aceptación mundial y una fuente rica en vitamina C, minerales, flavonoides y carotenoides (Mitcham *et al.*, 2013). Aunque es un fruto muy apreciado por el consumidor, ya que estudios recientes han evidenciado que el consumo de frutos de color rojo reduce el riesgo a padecer enfermedades degenerativas, tiene la desventaja de ser muy perecedero, debido a su elevada respiración y la carencia de barrera exterior que limita su retención de agua. Otras características que limitan la conservación de la fresa es su poca resistencia a los daños mecánicos y al ataque microbiológico (López-Mata *et al.*, 2012).

La fresa es un fruto rápidamente perecedero, lo cual hace necesario el desarrollo de nuevas tecnologías para reducir el deterioro microbiológico y la pérdida de sus atributos de calidad. Esto ha estimulado la búsqueda de nuevos sistemas naturales de conservación, como lo son los recubrimientos comestibles a base de almidón, un biopolímero natural utilizado para mantener la calidad y prolongar la vida de anaquel de fresa mínimamente procesada (López-Mata *et al.*, 2012).

Para evaluar la efectividad de un recubrimiento comestible aplicado sobre frutos, se utilizan como indicadores los parámetros de calidad del fruto fresco. Estos parámetros se basan en pruebas fisicoquímicas que incluyen la evaluación de pérdida de peso; así como la determinación de pH, acidez titulable (AT) y contenido de sólidos solubles (SS), ácido ascórbico (vitamina C); pruebas colorimétricas que consisten en la medición del color superficial en los frutos y el análisis de perfil de textura durante el almacenamiento, por lo cual es necesario utilizar diversas técnicas que permitan garantizar la calidad de los frutos frescos recubiertos (Lin y Zhao, 2007).

3. ANTECEDENTES

3.1. Productos hortofrutícolas frescos

Las frutas y hortalizas frescas se obtienen a través de diversas operaciones unitarias que van desde su transporte, almacenamiento y posterior llegada al consumidor, las cuales pueden influir en procesos de alteración responsables de cambios bioquímicos que conllevan a la degradación de la calidad del producto. Controlar todos los factores que pueden influir directa o indirectamente sobre la calidad de los productos frescos es de suma importancia para su aceptación, la cual persigue conseguir un producto fresco muy similar al original pero que a su vez sea microbiológicamente seguro y de buena calidad, tanto sensorial como nutricionalmente (Rojas-Graü, 2006).

Por tanto, deben aplicarse técnicas de conservación, que combinadas o no, mantengan o mejoren los atributos de calidad de los productos hortofrutícolas frescos (Tabla 1), además de alargar su vida útil y asegurar su estabilidad microbiológica (Martín-Belloso y Rojas-Graü, 2006; Lin y Zhao, 2007).

Tabla 1. Atributos de calidad de frutas y hortalizas frescas.

Factor de calidad	Preocupación primaria
Apariencia (visual)	Tamaño
	Forma
	Color, intensidad, uniformidad
	Brillo
Textura	Firmeza /Suavidad
	Frescura
	Jugosidad
	Dureza (fibrosidad)

Continuación Tabla 1.	
Valor nutritivo	Vitaminas
	Minerales
Seguridad	Sustancias toxicas
	Contaminantes químicos
	Contaminación microbiana

Lin y Zhao, 2007.

3.2. Empaques y recubrimientos comestibles

El desarrollo y caracterización de empaques comestibles ha atraído la atención de muchos investigadores debido a la gran variedad de aplicaciones que ofrecen a la industria alimentaria, en particular a la conservación de frutas y hortalizas frescas por su selectiva funcionalidad, ya que además de contribuir a la disminución del deterioro del alimento dentro del empaque, convierte en positivos los cambios que acontezcan durante la vida del producto empacado (Janjarasskul y Krochta, 2010).

Un empaque o película comestible es definida como una capa delgada de material comestible formada por separado vaciando la solución filmogénica en un soporte sobre una superficie nivelada la cual se deja secar y se aplica posteriormente a un alimento. Por otro lado, un recubrimiento comestible es definido como una capa delgada que se aplica en forma líquida como un revestimiento directamente sobre el alimento, generalmente por inmersión del producto en una solución o por aspersión sobre el mismo. La diferencia entre las películas y los recubrimientos comestibles es el modo en que son formadas y su aplicación en los alimentos. Con esto, los recubrimientos comestibles forman una parte integral del producto alimenticio y por lo tanto no debe afectar las características sensoriales del alimento. Ambas se elaboran a base sustancias poliméricas naturales, de composición heterogénea las cuales

pueden ser ingeridas sin riesgo para el consumidor y que le aportan algunos nutrientes (Guilbert *et al.*, 1995; Krochta y De Mulder-Johnston, 1997).

3.3. Propiedades funcionales de los recubrimientos comestibles

El amplio uso de recubrimientos comestibles dentro de la industria alimentaria abarca una categoría única del empaçado y se destinan para la conservación de productos frescos, debido a sus excelentes propiedades funcionales además de presentar diferentes ventajas frente a los empaques sintéticos tradicionales (Tabla 2).

Tabla 2. Ventajas de los recubrimientos comestibles.

-
- Comestible
 - Biodegradable
 - Bajo costo
 - Mejora de características organolépticas (color, olor y sabor)
 - Reducción en volumen de empaque, peso y desperdicio
 - Incorporación de agentes antimicrobianos y antioxidantes
 - Vida de anaquel extendida y calidad mejorada
 - Control de migración de humedad, gases, lípidos y solutos
 - Envasado individual de porciones pequeñas de alimentos
 - Acarreadores de agentes antimicrobianos y antioxidantes
 - Microencapsulación y liberación controlada de agentes activos
 - Elaboración a partir de recursos renovables
-

(Rhim y Ng, 2010).

Las propiedades funcionales de los recubrimientos comestibles dependen en primera instancia del tipo de alimento al cual se le destinará su aplicación (características fisicoquímicas), sus condiciones de almacenamiento (humedad y temperatura) y sus principales vías de deterioro, los cuales estarán relacionados con el tipo de material a utilizar en la elaboración del recubrimiento comestible, su

formación y su método de aplicación, además de que la tecnología y la materia prima involucrada en la producción de estas alternativas de conservación sean accesibles y viables económicamente (Kester y Fennema, 1986; Guilbert *et al.*, 1995).

El amplio uso que se le puede destinar a los recubrimientos comestibles dentro de la industria alimentaria debe satisfacer las necesidades de aquellos productos frescos mejorando sus propiedades funcionales y estructurales (Figura 1). Todos estos atributos permitirán alargar la vida en anaquel de frutas y hortalizas frescas, lo que a su vez repercutirá en el éxito de técnicas de almacenamiento y conservación, que determinará en última instancia la preferencia del consumidor (Lin y Zhao, 2007; Janjarasskul y Krochta, 2010).

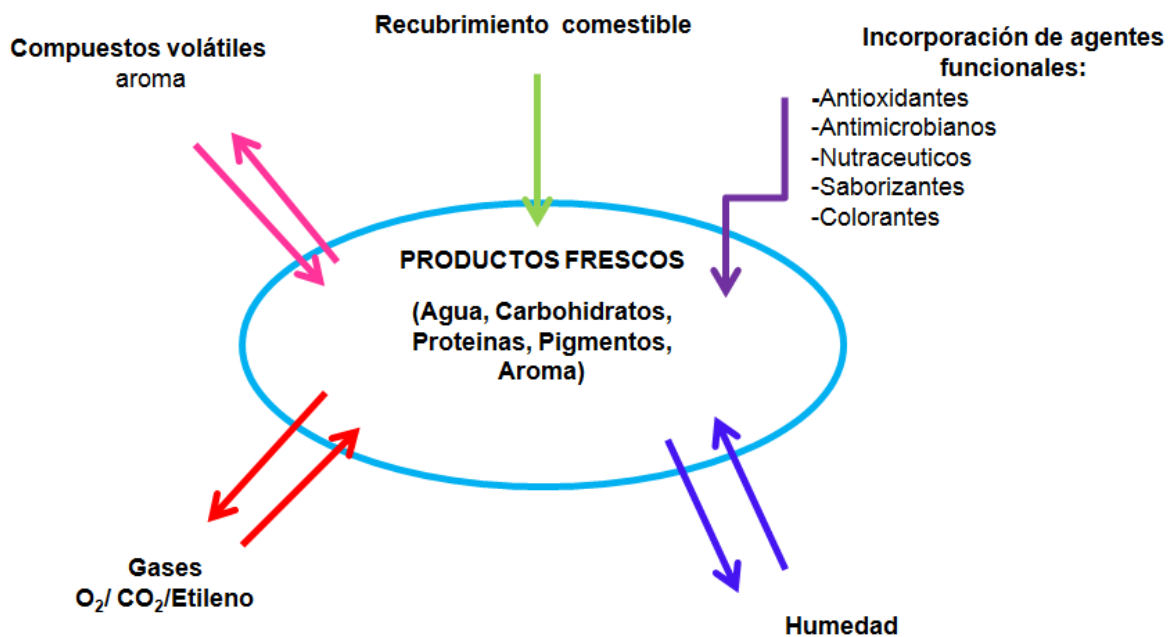


Figura 1. Principales propiedades funcionales de un recubrimiento comestible aplicado en productos frescos (Lin y Zhao, 2007).

3.4. Materiales utilizados en la formulación de recubrimientos comestibles

Dentro de los materiales utilizados para la elaboración de recubrimientos comestibles incluyen a los polisacáridos, las proteínas y lípidos (Figura 2). Además de los compuestos de naturaleza polimérica, como componentes principales de la

matriz estructural de un recubrimiento comestible, éstos pueden utilizarse en combinación con otros agentes tales como los plastificantes, emulsificantes, agentes hidrofóbicos y antimicrobianos (Vargas *et al.*, 2008; Olivas y Barbosa-Cánovas, 2009).

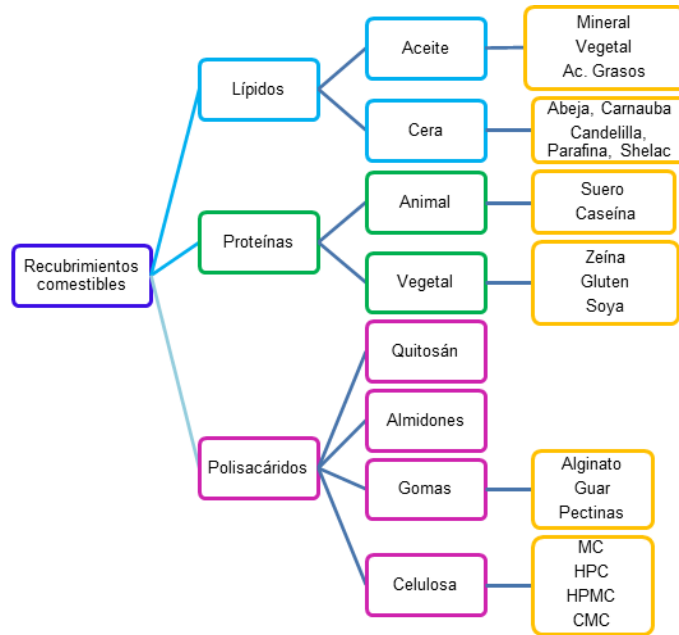


Figura 2. Principales materiales utilizados en recubrimientos comestibles para frutas y hortalizas frescas mínimamente procesadas (Olivas y Barbosa-Cánovas, 2009).

3.4.1. Polisacáridos

Los polisacáridos son polímeros de cadena larga formados a partir de unidades de repetición de mono o disacáridos unidas por enlaces glucosídicos.

Los recubrimientos comestibles a base de polisacáridos se forman mediante la interrupción de las interacciones entre los segmentos de polímero de cadena larga durante el proceso de coacervación y la formación de un nuevo hidrófilo intermolecular y un enlace de hidrógeno después de la evaporación del disolvente para crear una matriz polimérica. Una gran variedad de polisacáridos y sus derivados han sido probados por su uso potencial como recubrimientos comestibles, debido a su gran disponibilidad, bajo costo y fácil manejo, entre los que se encuentran el almidón y sus derivados, derivados de celulosa, alginatos, carragenina, quitosano,

pectina y diversas gomas. Los recubrimientos comestibles a base de polisacáridos presentan buenas propiedades mecánicas y de barrera a los gases, pero ofrecen poca resistencia a la migración de agua (Arredondo-Ochoa, 2012).

3.4.2. Proteínas

Las proteínas son polímeros lineales, contruidos a partir de un máximo de 20 aminoácidos diferentes, las cuales presentan una amplia gama de propiedades funcionales y modificaciones por diversos métodos. Los recubrimientos comestibles a base de proteínas generalmente tienen buenas propiedades mecánicas además de ser buenas barreras contra el transporte de O₂, CO₂, compuestos aromáticos y lípidos, pero poseen una alta permeabilidad al vapor de agua (Janjarasskul y Krochta, 2010).

3.4.3. Lípidos

Los compuestos lípidicos son mono- di, o tri-acilglicéridos esterificados, con ácidos grasos de longitud de cadena variable y pudiendo presentar dobles enlaces. Los recubrimientos comestibles a base de lípidos incluyen una amplia gama de sustancias lipídicas, sin embargo presentan desventajas, tales como su sabor ceroso, superficie grasosa y rancidez potencial. Finalmente, las propiedades finales de los recubrimientos comestibles a base de lípidos dependerán de las características de estos componentes tales como su estado físico, grado de saturación y longitud de la cadena (Dhall, 2013).

3.4.3.1. Cera de abeja

La cera de abeja se compone de ácidos grasos e hidrocarburos de entre 14 y 41 carbonos, esterificados con alcoholes de entre 28 y 54 carbonos. Se ha separado en hidrocarburos (14%), monoésteres (35%), di- y tri- ésteres (17%), hidroxí mono- y poli-ésteres (12%), ácidos grasos libres (12%), ácidos mono- y poli-ésteres (3%). Es un

sólido amorfo, fácilmente moldeable muy dúctil y elástico, es de color blanco a amarillo claro que funde a 63 - 65° C (Gómez Pajuelo, 2002).

3.5. Recubrimientos comestibles activos

La principal causa de deterioro de la mayoría de los productos frescos es el crecimiento de la superficie microbiana, durante el almacenamiento y distribución de productos frescos, el cual puede reducir drásticamente la calidad de los alimentos y comprometer su seguridad alimentaria. La generación de recubrimientos comestibles incorporando antimicrobianos ha sido el principal propósito para la nueva generación de empaques comestibles activos debido a su biodegradabilidad, su capacidad de realzar sabores y colores, reducir la pérdida de humedad y principalmente evitar el crecimiento microbiano (Suppakul *et al.*, 2003; Quezada-Gallo, 2009).

En este sentido, los recubrimientos comestibles antimicrobianos pueden proporcionar mayores efectos inhibitorios contra el deterioro causado por bacterias, hongos y levaduras, debido al mantenimiento de concentraciones eficaces de los compuestos activos sobre las superficies de los alimentos (Dhall, 2013).

3.5.1. Antimicrobianos Naturales

Varios estudios han sido reportados sobre el uso y la aplicación de agentes antimicrobianos naturales incorporados en la elaboración de recubrimientos comestibles para retardar el crecimiento microbiano en un alimento. Compuestos antimicrobianos de origen natural o presentes en la naturaleza han sido aislados de fuentes vegetales y animales. Dentro de los compuestos de origen vegetal se incluyen extractos de especias tales como canela, pimienta, tomillo, clavo, romero y orégano los cuales han mostrado tener actividad antimicrobiana. Otros extractos de plantas con efectos similares sobre el crecimiento de microorganismos, son la cebolla, el ajo, el rábano, la mostaza y rábano picante. Por otro lado, existen otras clases de sustancias de origen natural las cuales se producen a partir de la acción de

hongos y bacterias. El más notable de los derivados es el polipéptido nisina y otros como la natamicina, pediocina, ϵ -L-polilisina y el arginato láurico (LAE) (Brody *et al.*, 2001; Hernández-Hernández *et al.*, 2014).

3.5.1.1. Arginato láurico (Mirenat-D)

Su nombre sistemático es: cloruro del éster etílico de $N\alpha$ -lauroil-L-arginina, en lo sucesivo, arginato láurico (LAE) que ha sido recientemente aprobado (2005) por la Agencia de Medicamentos y Alimentos (FDA). Es derivado del ácido láurico, L-arginina y etanol y su síntesis es llevada a cabo por el Laboratorio Miret, SA (Lamirsa). El LAE se hidroliza en el cuerpo humano a través de reacciones químicas y metabólicas rompiendo la molécula en componentes comunes de la dieta humana otorgándole un notable grado de seguridad. Esta ausencia de toxicidad es demostrada por numerosos estudios toxicológicos realizados en los últimos años:

- El 1 de septiembre de 2005, la FDA emitió la carta de no objeción con respecto al uso del LAE con estatus GRAS para su utilización como antimicrobiano en varias categorías de alimentos a niveles de hasta 200 ppm.
- En México el Diario Oficial de la Federación en 2012 (DOF, 2012) permite su uso como aditivo alimentario para el consumo humano, y establece que en productos cárnicos, bebidas saborizadas y concentrados no alcohólicos un límite de 200 mg/kg.
- La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) evaluó este nuevo aditivo con un dictamen positivo en abril de 2007.

Es un sólido blanco, soluble en agua por debajo de una concentración de 247 g/kg, con un punto de fusión de 50 °C a 58 °C, siendo termorresistente. Muestra estabilidad química en un rango de pH entre 3-7 y mantiene su actividad antimicrobiana en este intervalo. Su coeficiente de partición entre el agua y el aceite (de soya, girasol, oliva) es superior a 10, lo que significa que la molécula se sitúa

principalmente en la fracción de agua, que es más susceptible a la contaminación microbiana. Es un antimicrobiano contra grampositivos, gramnegativos, mohos y levaduras. Su propiedad como antimicrobiano se debe a su acción sobre las membranas citoplasmática de los microorganismos, de tal manera que sus procesos metabólicos se alteran y su ciclo normal es inhibido pero sin lisis celular (Vedeqsa, 2009).

3.5.1.2. Natamicina

La natamicina (pimaricina), es un antimicrobiano que se ha utilizado durante varios años para inhibir el crecimiento de hongos en una gran variedad de alimentos, sin afectar al aspecto, color, sabor y aroma de los productos, ya que no penetra en el interior. Para las industrias alimentarias que se basan en fermentaciones de bacterias se ha demostrado que la natamicina es muy útil, ya que no interfiere con los procesos de fermentación o maduración. Sin embargo, su espectro de inhibición es muy específico ya que no presenta actividad contra bacterias y virus. La natamicina es un antifúngico producido por la fermentación de una cepa no modificada genéticamente de *Streptomyces natalensis* aislada de una muestra del suelo. Comercialmente está disponible en un 50% de ingrediente activo generalmente combinado con un acarreador dentro de los que se encuentra el NaCl o la lactosa. Químicamente es una molécula cuyo peso molecular es de 665.7 Da. Su fórmula química es $C_{33}H_{47}NO_{13}$. En su forma cristalina se encuentra trihidratada, pero como polvo es muy estable y puede ser almacenada por muchos años con una pérdida mínima de su actividad. Sin embargo diferentes factores dentro de los que se encuentran valores de pH extremos, luz, oxidantes y metales pesados pueden comprometer su estabilidad. Como muchos macrólidos polienos, la natamicina es anfotérica y tiene baja solubilidad en agua (40 $\mu\text{g}/\text{mL}$), lo cual representa una ventaja para el tratamiento sobre la superficie de los alimentos, debido a que asegura que el antimicrobiano permanezca sobre la superficie de los alimentos donde más se necesita, en lugar de migrar al interior de ellos (Delves-Broughton, 2005). La

natamicina se aplica por lo general como un tratamiento de superficie de queso duro y salchichas secas o maduras (Türe *et al.*, 2009b).

3.6. Empleo de recubrimientos comestibles en la conservación de fresas frescas

Cerca de un 25 % total de los frutos frescos cosechados se pierden debido a daños durante su poscosecha. Aunque esto representa grandes pérdidas económicas en países desarrollados, las consecuencias más devastadoras se presentan en muchas de las regiones tropicales del planeta. La aplicación de barreras físicas como son los recubrimientos comestibles sobre la superficie de frutos frescos pueden regular la permeabilidad al O₂, CO₂ y vapor de agua, retardando el proceso natural de madurez fisiológica, además de brindar una protección ante el crecimiento de microorganismos mediante la incorporación de antimicrobianos convirtiéndose en una alternativa viable de conservación (Pérez y Báez, 2003; Maftoonazad y Ramaswamy, 2005).

3.7. Fresa

La fresa (*Fragaria ananassa*) es una de las frutas de color rojo con mayor aceptación mundial y una fuente rica en vitamina C, minerales, flavonoides y carotenoides. Su tasa de respiración es de 6-10 mL CO₂/kg·h a 0 °C y de 25-50 mL CO₂/kg·h a 10 °C (Mitcham, *et al.*, 2013) y el tiempo de vida de anaquel estimado para la fresa en condiciones de refrigeración (0° C y 90-95% HR) es de 5-7 días (FAO, 2013). Aunque es un fruto muy apreciado por el consumidor, ya que estudios recientes han evidenciado que el consumo de frutos de color rojo reduce el riesgo a padecer enfermedades degenerativas, tiene la desventaja de ser muy perecedero, debido a su elevada respiración y la carencia de barrera exterior que limita su retención de agua. Otras características que limitan la conservación de la fresa es su poca resistencia a los daños mecánicos y al ataque microbiológico (López-Mata *et al.*, 2012).

La rápida velocidad de respiración de la fresa hace necesario el desarrollo de nuevas tecnologías para reducir el deterioro microbiológico y la pérdida de sus atributos de calidad. Esto ha estimulado la búsqueda de nuevos sistemas naturales de conservación, como lo son los recubrimientos comestibles a base de almidón, un biopolímero natural utilizado para mantener la calidad y prolongar la vida de anaquel de fresa mínimamente procesada (López-Mata *et al.*, 2012).

3.7.1. Producción de fresa a nivel nacional y mundial

La fresa (*Fragaria ananassa*), es una fuente rica en vitamina C, minerales y es consumida en grandes cantidades en diferentes países. La fresa además de tener carencia de barrera exterior que limita la retención de agua y poca resistencia mecánica, es fácilmente atacable por hongos, tal como *Botrytis cinerea* que es uno de los patógenos más comunes, provocando el deterioro del fruto y el subsecuente rechazo por el consumidor. El cultivo de fresa representa un importante ingreso económico por exportación, por lo que al aumentar la vida útil de este fruto pudiera mejorarse el ingreso por exportación, e incluso por la venta a nivel nacional al tener una mayor vida de anaquel. Su producción anual a nivel nacional reportada en el 2012 fue de 360,426 Ton obteniéndose un valor de producción de \$ 4,336,390 M.N. (SIAP, 2013). En el 2009 se reportó la exportación de fresa Mexicana obteniéndose una ganancia de aproximadamente 18.85 millones de dólares. La aceptación de éste fruto entre los consumidores a nivel mundial ha sido buena, dando como resultado un aumento en su producción, entre los países con una mayor producción a nivel mundial, el primer lugar lo ocupan los Estados Unidos con 1,115,000 Ton, encontrándose México en el sexto lugar con 176,395 Ton (SIAP, 2013).

3.8. Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de fresas frescas con recubrimiento activo

Para evaluar la efectividad de un recubrimiento comestible aplicado sobre frutos, se utilizan como indicadores los parámetros de calidad del fruto fresco. Estos

parámetros se basan en pruebas fisicoquímicas que incluyen la evaluación de pérdida de peso; así como la determinación de pH, acidez titulable (AT) y contenido de sólidos solubles (SS), ácido ascórbico (vitamina C); pruebas colorimétricas que consisten en la medición del color superficial en los frutos y el análisis de perfil de textura durante el almacenamiento, por lo cual es necesario utilizar diversas técnicas que permitan garantizar la calidad de los frutos frescos recubiertos (Lin y Zhao, 2007).

Composición química de la fresa. Hay una gran variedad de genotipos en la composición de la fresa. De tal manera que es posible desarrollar nuevos cultivos que tengan una mejor calidad y que mantengan su firmeza cuando están completamente maduras.

Azúcares. El contenido de azúcares en la mayoría de las bayas es de 5 a 8%. Los azúcares son los principales componentes solubles en las fresas maduras, y la sacarosa, la glucosa y la fructosa constituyen más del 99% del total de azúcares. La glucosa y la fructosa predominan sobre la sacarosa y el contenido total de azúcares puede variar durante el periodo de crecimiento, sin embargo la proporción de cada azúcar permanece constante (Cordenunsi *et al.*, 2002). Además se encuentran trazas de sorbitol, xilitol y xilosa (Maniken y Söderling, 1980). Algunos reportes indican que el contenido total de azúcares se incrementa rápidamente hasta que la fruta está completamente madura (Montero *et al.*, 1996).

Ácidos Orgánicos. Los ácidos orgánicos son importantes en el sabor de las fresas y la relación azúcar/ácido se usa para determinar el tiempo óptimo de cosecha, debido a que se considera un índice de calidad (Cordenunsi *et al.*, 2002). El principal ácido orgánico es el ácido cítrico, aunque también se encuentra el málico y el glicólico y el shikímico en menor cantidad (Montero *et al.*, 1996).

Ácido ascórbico o vitamina C. El contenido de ácido ascórbico es relativamente alto en fresas, por lo que se consideran una buena fuente de vitamina

C en la dieta humana (Nunes *et al.*, 1998). Su contenido varía entre 26-120 mg/100g, siendo el promedio de 60 mg/100g de peso fresco (Wright y Kader, 1997).

Las fresas son una de las mejores fuentes naturales de antioxidantes, sustancias químicas muy necesarias en nuestro cuerpo para combatir los dañinos radicales libres. Se sabe que la vitamina C y la vitamina E son antioxidantes esenciales. Entre los efectos benéficos de la vitamina C se cuentan sus propiedades antiescorbúticas, favorece la absorción del hierro no hemo, que proviene de vegetales y no de la carne (Wright y Kader, 1997). Otras funciones biológicas son la formación de colágeno, reducción de los niveles de colesterol y la inhibición de la formación de nitrosaminas (Lee y Kader, 2000).

3.8.1. Características de textura de la fresa

Uno de los aspectos más importantes a considerar durante el manejo poscosecha de la fresa es su pérdida de calidad debida a la alteración de su textura (suavizamiento excesivo), causado principalmente por el adelgazamiento de las paredes celulares, la licuefacción del contenido celular y la degradación de las pectinas. Considerando la textura como "la manera en que los componentes estructurales de un alimento se encuentran ordenados en una micro y macro estructura y las manifestaciones externas de su estructura", ésta es determinada por factores tales como turgencia de la célula, pero esencialmente por la naturaleza de las paredes de la célula. Las fresas son altamente valoradas por su delicado sabor, exquisito aroma y succulenta textura. La gran susceptibilidad de las fresas al daño de su textura no es una sorpresa, cuando se considera su contenido de sólidos extremadamente bajo; ya que contienen alrededor de un 10% de materia sólida (Szczesniak y Smith, 1969).

Szczesniak (1963), encontró que las características de textura podrían ser agrupadas en 3 clases principales: (1) características mecánicas, (2) características geométricas y (3) otras, principalmente humedad y contenido de grasa. Estas

características se manifiestan por la reacción de la fresa a la acción de una fuerza aplicada. Estas incluyen cinco parámetros primarios que son básicos y tres parámetros secundarios, que están compuestos de dos o más parámetros primarios. Los parámetros primarios y secundarios que caracterizan la textura, se encuentran resumidos en la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de las características de textura.

Características mecánicas		
Parámetros primarios	Parámetros secundarios	Términos populares
Firmeza o dureza	Fracturabilidad(fragilidad)	Suave- firme- duro
Cohesividad	Quebradizo(brittleness)	Desmenuzable-crujiente
	Masticabilidad (chewwiness)	Suave-masticable-duro
	Gomosidad (gumminess)	Harinoso-pastoso-gomoso
Viscosidad		Aguado, poco denso-viscoso
Elásticidad		Plástico-elástico
Adhesividad		Pegajoso, empalagoso
Características geométricas		Términos populares
Tamaño de partícula, forma y orientación		Arenosos, granuloso, grano, grueso, burdo
Otras características		Términos populares
Contenido de humedad		Seco, húmedo-mojado, acuoso
Contenido de grasa	Aceitosidad (oilliness)	Aceitoso
	Grasosidad (greasiness)	Grasoso

Adaptado de Szczesniak (1963), Costell *et al.*, (1997).

La caracterización de la textura del alimento se puede llevar a cabo mediante un método sensorial o instrumental. En algunas ocasiones es preferible el uso de métodos instrumentales, ya que relacionan la percepción humana de manera imitativa y son efectuados bajo condiciones controladas además de ahorrar tiempo, reducir costos y aportar resultados con mayor exactitud. (Bhattiprolu, 2004).

3.8.2. Análisis de Perfil de Textura

El Análisis de Perfil de Textura (TPA) es una prueba imitativa, diseñada para someter un alimento a fuerzas similares a las que ocurren durante la masticación. Está basado en un ciclo de compresión en dos pasos que imita la acción de molienda de las mandíbulas (Figura 3). El primer paso de compresión, representa la primera mordedura, seguido de la segunda compresión la cual representa la segunda mordedura realizada durante la masticación de un alimento. Los dos pasos de compresión pueden ser separados por un tiempo opcional de espera (Yang *et al.*, 2007).

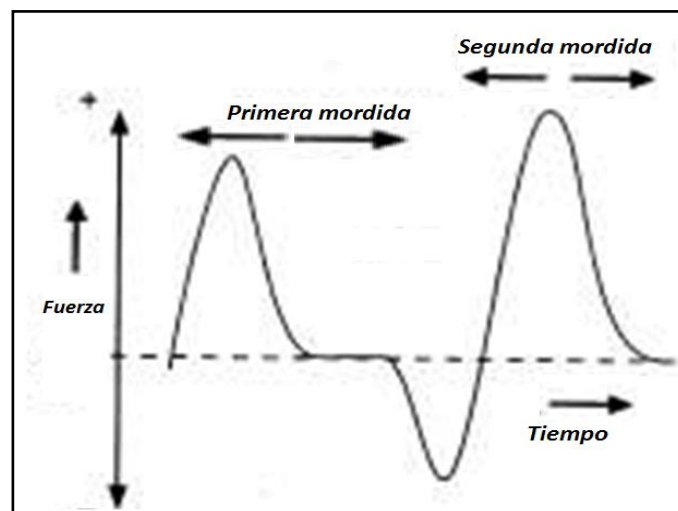


Figura 3. Curva representativa de la masticación simulada por un Texturómetro (Yang *et al.*, 2007).

El análisis de perfil de textura (TPA) es un método objetivo de análisis basado en el reconocimiento de la textura de un alimento como un atributo multi-paramétrico,

los cuales se obtienen mediante una curva típica que representa una fuerza en función del tiempo, definiendo seis parámetros básicos (Figura 4) (Bourne, 1966; Szczesniak, 1973):

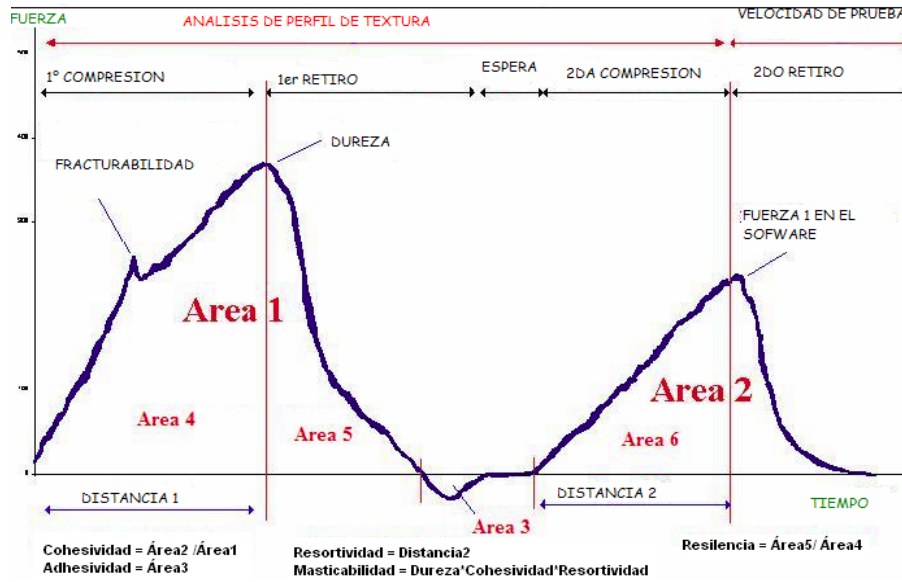


Figura 4. Curva típica representativa de los parámetros evaluados en el Análisis de Perfil de Textura (TPA) (Adaptada de Yang *et al.*, 2007).

Dureza o Firmeza (N): Definida como la fuerza necesaria para comprimir un alimento entre las muelas o los dientes, o bien entre la lengua y el paladar. Es medida como la fuerza necesaria para lograr una deformación determinada.

Elasticidad o Resortividad (mm): Es la distancia a la cual un material deformado puede recuperar su forma y tamaño original una vez que la fuerza que lo deforma deja de actuar sobre la muestra. En otras palabras, es la capacidad de recuperación elástica del producto después de que se deformó durante la primera compresión.

Cohesividad: Resistencia de los enlaces internos que forman el cuerpo del producto. Es la relación existente entre el área correspondiente a la segunda y a la primera compresión y evalúa la energía mecánica necesaria para destruir la estructura interna del material. La cohesividad es una magnitud adimensional.

Masticabilidad (J): Es la energía requerida para masticar un producto sólido hasta un estado óptimo para deglutirse; se estima como el producto de la dureza, la cohesividad y la elasticidad o resortividad.

Resiliencia: Mide la capacidad de la recuperación de un material ante una deformación aplicada en términos de velocidad y de las fuerzas derivadas. Es un parámetro adimensional.

Adhesividad (J): Es el trabajo necesario para superar las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de otros materiales con los que el alimento entre en contacto.

Las primeras cinco características están relacionadas con las fuerzas de atracción entre las partículas del alimento y su oposición a la desintegración, mientras que la adhesividad está relacionada con las propiedades de la superficie de contacto.

De acuerdo con Bourne (2007), los seis parámetros considerados en el análisis de textura que se determinan en la curva típica representativa, se calculan y expresan de la siguiente manera:

La dureza o firmeza corresponde al pico de fuerza registrado durante el primer ciclo de penetración, que está relacionado con la resistencia de la estructura de la pulpa del fruto a la penetración. La elasticidad o resortividad, es la mediada de la relación entre la distancia final con respecto a la distancia inicial después del primer ciclo de compresión ($\text{distancia } 2 / \text{distancia } 1$). El área negativa entre el punto en que la primera curva alcanza una fuerza de cero después de la primera penetración y el comienzo de la segunda curva (área 3), representa la energía utilizada para empujar la sonda desde la pulpa en el primer ciclo de punción y es conocido como adhesividad, la cual indica la capacidad de adhesión al paladar, los dientes y la lengua cuando la pulpa del fruto es masticada. La cohesividad, es la medida que se obtiene del cociente $\text{área } 2 / \text{área } 1$. La resiliencia refleja la capacidad de re-deformación del tejido del fruto, después de la penetración y se define como el cociente del área de la fuerza positiva y el área de la fuerza negativa durante la

primera penetración (área 5/área 4). La masticabilidad se calcula como firmeza x cohesividad x resortividad (Yang *et al.*, 2007).

3.8.3. Índice de madurez

Los principios que dictan en que etapa de madurez debe cosecharse una fruta son muy importantes para su posterior almacenamiento, vida comercial y calidad. Estos principios se basan en la medición de varios factores cualitativos y cuantitativos. Los métodos usados para establecer la madurez de un producto pueden basarse en la estimación subjetiva de la gente que lleva a cabo esta operación. Pero también puede hacerse mediante análisis físicos o químicos.

3.8.4. Color

En el caso de las fresas se usa el color, ya que el color de la piel de la fresa cambia conforme la fruta madura (Thompson, 1996). Por esto el índice de madurez de la fresa está basado en el color rojo de la superficie (Mitcham *et al.*, 1998, DeEil, 2006). Así se considera una fresa madura cuando ésta presenta más de 1/2 o las 3/4 partes de la superficie de color rojo (Figura 5). Esto va de acuerdo a las normas de calidad que se apliquen. La fresa por lo general toma 30 días para alcanzar su tamaño completo y su madurez (Cordenunsi *et al.*, 2002).

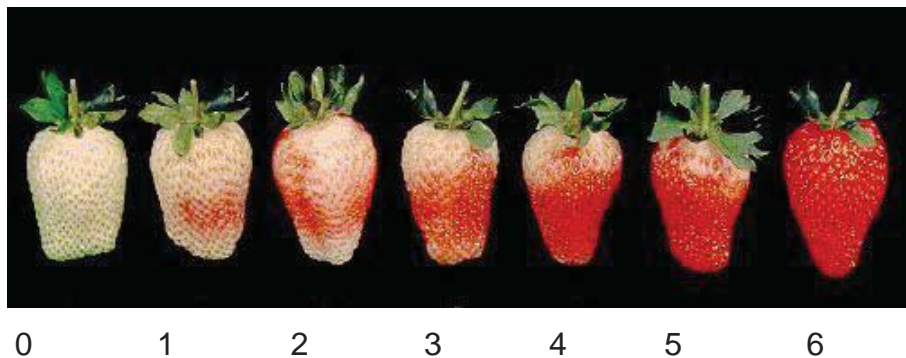


Figura 5. Cambios de color durante la maduración de la fresa (índice de madurez empleado).
Fuente: Secretaría de Economía de México. Norma Oficial Mexicana.

De acuerdo con la Figura 5 el color de la fresa se puede describir como:

- 0 Fruto de color blanco verdoso bien desarrollado, a este estado se le conoce como madurez fisiológica.
- 1 El fruto es aún de color blanco verdoso, con algunas áreas de color rosa en la zona apical.
- 2 Se incrementa el área de color rojo intenso en la zona apical.
- 3 El color rojo puro cubre hasta la zona media del fruto y la zona del cáliz presenta visos rosados.
- 4 Aumenta el área de color rojo intenso hacia el cáliz.
- 5 El color rojo intenso aumenta y empieza a cubrir la zona del cáliz.
- 6 El color rojo intenso cubre todo el fruto.

A diferencia de la mayoría de las frutas no climatéricas, la fresa cambia rápida y dramáticamente en su apariencia durante la maduración, la cual está caracterizada por un ablandamiento, síntesis de antocianinas e incremento en los azúcares solubles (Perkins-Veazie, 1991). Otros cambios incluyen aumento en el contenido de vitamina C, azúcares totales y pH, así como una disminución de la acidez, contenido de fenoles totales y la celulosa (Kader, 1991).

Antocianinas. Los pigmentos responsables del color rojo de la fresa son las antocianinas, siendo indicadores naturales de la maduración de las frutas (Montero *et al.*, 1996). Dos antocianinas son casi exclusivamente las responsables del color rojo de las fresas; la 3-glucósido pelargonidina (Pg 3-gl) y la 3-glucósido cianidina (Cy 3-gl). Al pH natural de la fresa, estos pigmentos difieren en su matiz o tono. La Pg 3-gl es rojo-naranja mientras que la Cy 3-gl es magenta, pero su proporción puede variar entre genotipos de fresa; generalmente hay cerca del 88% de Pg 3-gl (Kalt *et al.*, 1993). El contenido de antocianinas de la fresa varía entre 15 y 35 mg/100 g de fruta (Qian *et al.*, 2005).

La intensidad y estabilidad de las antocianinas depende de la estructura y concentración del pigmento; a pH<2 presentan color rojo que cambia a azul y

finalmente a incoloro cuando el pH se incrementa (Hannum, 2004). El color también depende de la temperatura, intensidad de la luz, presencia de otros pigmentos, iones metálicos, oxígeno, ácido ascórbico, azúcares y otros compuestos (Laleh *et al.*, 2006). La actividad antioxidante de las fresas en los ensayos de oxidación *in vitro* se han correlacionado con su contenido de antocianinas (Andersen *et al.*, 2004).

En la percepción humana del color se reconocen tres dimensiones de color que se definen como color o tono (hue) (rojo, verde, entre otros); la intensidad o saturación (pastel, entre otros) y la brillantez o claridad (blanco o negro) (Francis, 1987).

La medida del color fue normalizada a nivel internacional por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) en 1931. Se estableció la nomenclatura y un espacio de color conocido como el sistema CIE, dentro del cual el más reconocido es el sistema CIE-Lab, el cual se basa en la representación del color mediante coordenadas L^* , a^* , y b^* . Cada coordenada es una expresión matemática de color basadas en un esquema de tres dimensiones, que utiliza tres números para definir el color en particular. El valor L^* es el grado de luminosidad del color y se define como la relación entre la luz absorbida y la luz reflejada, donde un valor de 0 (negro) y 100 (blanco). La coordenada a^* indica el grado de coloración roja (0 a 60) o verde (0 a -60). Por su parte la coordenada b^* representa el grado de coloración amarilla (0 a 60) o azul (de 0 a -60) (Figura 6). El color puede medirse mediante un colorímetro en el cual un filtro triestímulo reproduce la percepción del ojo humano (Giese, 2000; Perez-Magarino *et al.*, (2003).

El parámetro del tono (hue, $^{\circ}H$) describe al color. Esta percepción del color es resultado de las diferencias en la absorción de la energía radiante a diferentes longitudes de onda (Ec. 1), donde 0° representa el color rojo, 90° el color amarillo, 180° el color verde y 270° el color azul.

$$^{\circ}H = \tan^{-1} \frac{a^*}{b^*} \quad (1)$$

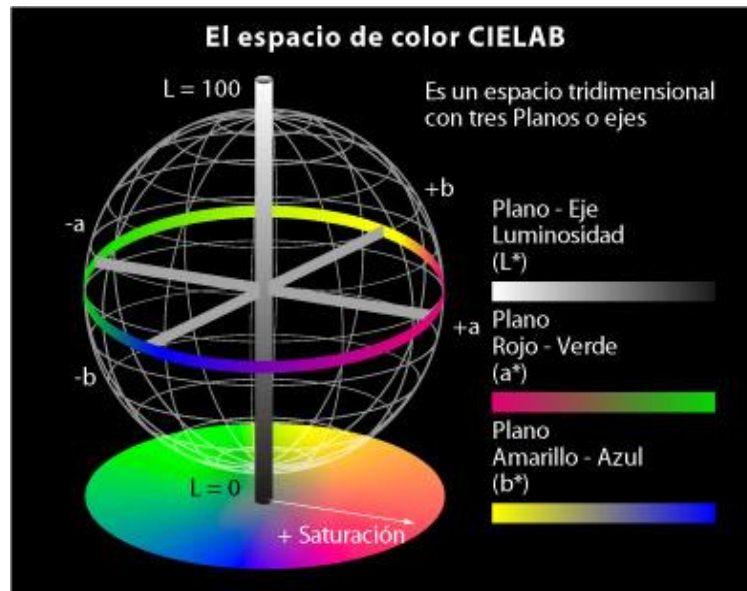


Figura 6. Representación de las coordenadas a^* , b^* y L^* de acuerdo con la CIE (Giese, 2000).

La intensidad o saturación del color denominado croma se calcula mediante la ecuación:

$$*C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (2)$$

3.9. Evaluación sensorial

Cuando la calidad es evaluada desde el punto de vista del consumidor, su medida se hace menos tangible y cuantificable, sin embargo, el análisis sensorial se transforma en una herramienta de suma utilidad, dado que permite encontrar los atributos de valor en un alimento tal cual son percibidos por los sentidos humanos. El análisis sensorial se define como la medida de la calidad de un producto, basada en la evaluación de sus propiedades organolépticas, por medio de los sentidos. Sus usos son numerosos y su utilidad indiscutida, donde la calidad ha pasado a ser el factor muchas veces decisivo en la elección de los alimentos. Sin embargo, puede presentar algunas limitantes dado que las preferencias de los consumidores varían ampliamente según las perspectivas culturales o demográficas de un consumidor a

otro o de factores como el humor o el uso que le prefiere dar al alimento (Prussia y Shewfelt, 1993).

El análisis sensorial de los alimentos puede realizarse a través de diferentes pruebas, según la finalidad para la que estén diseñados. A grandes rasgos, pueden definirse dos grupos, pruebas objetivas que se subdividen en discriminativas y descriptivas; y pruebas no objetivas también denominadas hedónicas.

3.9.1. Pruebas objetivas

Hasta la fecha, y pese a numerosos intentos, el hombre no ha conseguido crear un instrumento que sustituya al análisis sensorial. El color es la única propiedad sensorial que puede ser medida, de forma instrumental, más efectivamente que visual. Se incluyen dentro de este grupo los texturómetros encargados del estudio de los parámetros reológicos, así como las cromatografías y las valoraciones físico-químicas y bioquímicas, indicadoras de la composición cualitativa del producto.

Los análisis objetivos se dividen en dos grandes grupos:

- **Pruebas discriminativas:** tienen como objeto detectar la presencia o ausencia de diferencias de atributos sensoriales entre dos o más productos.
- **Pruebas descriptivas:** su utilidad es muy diversa, desde la determinación de diferencias sensoriales entre un producto y sus competidores en el mercado, hasta la caracterización de aromas (Mondino y Ferratto, 2003).

3.9.2. Pruebas Hedónicas

Es aquella en la que el juez catador expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, si lo prefiere a otro o no. Los resultados se reportan de acuerdo a una escala numérica conocida como “escala hedónica”, donde las más utilizadas son aquellas de 7 puntos

(Anzaldúa-Morales, 1994). La Tabla 4 define cada uno de los valores en una escala de 7 puntos para una evaluación de productos a nivel consumidor.

Las pruebas hedónicas son pruebas difíciles de interpretar ya que se trata de apreciaciones completamente personales, con la variabilidad que ello supone. Los estudios de naturaleza hedónica son esenciales para saber en qué medida un producto puede resultar agradable al consumidor. Pueden aplicarse pruebas hedónicas para conocer las primeras impresiones de un alimento nuevo o profundizar más y obtener información sobre su grado de aceptación o en qué momento puede producir sensación de desagrado en el consumidor (Mondino y Ferrato, 2003).

Tabla 4. Escala hedónica de 7 puntos para la evaluación sensorial de alimentos a nivel consumidor (Anzaldúa-Morales, 1994).

1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	Me disgusta poco
4	No me gusta ni me disgusta
5	Me gusta poco
6	Me gusta moderadamente
7	Me gusta mucho

4. JUSTIFICACIÓN

El empleo de recubrimientos comestibles ha tenido un gran auge debido a que son materiales biodegradables y comestibles, por lo cual su uso contribuye a disminuir la contaminación ambiental. La utilización de recubrimientos comestibles en frutos frescos es muy importante, debido a que estos son muy perecederos y necesitan de condiciones especiales para prolongar su vida de anaquel. La aplicación de recubrimientos comestibles junto con la incorporación de agentes antimicrobianos naturales es una alternativa para evitar el daño causado a los frutos frescos por hongos patógenos y deterioradores siendo una alternativa de conservación para prolongar la vida de anaquel y mejorar la apariencia de los frutos frescos, ya que además de combatir el crecimiento superficial del microorganismo, el recubrimiento puede proveer una atmósfera modificada disminuyendo la tasa de respiración y por lo tanto alargando la vida de anaquel. Además debe considerarse la protección que proporciona el recubrimiento comestible a la estabilidad del color y el brillo de la superficie del fruto que lo hace más susceptible de ser comercializado, además de proporcionar una mayor vida de almacenamiento.

La rápida perecebilidad de la fresa hace necesario el desarrollo de nuevas tecnologías con la aplicación de recubrimientos comestibles activos adicionados con agentes antimicrobianos naturales para reducir el deterioro microbiológico y la pérdida de atributos de la calidad.

5. OBJETIVOS

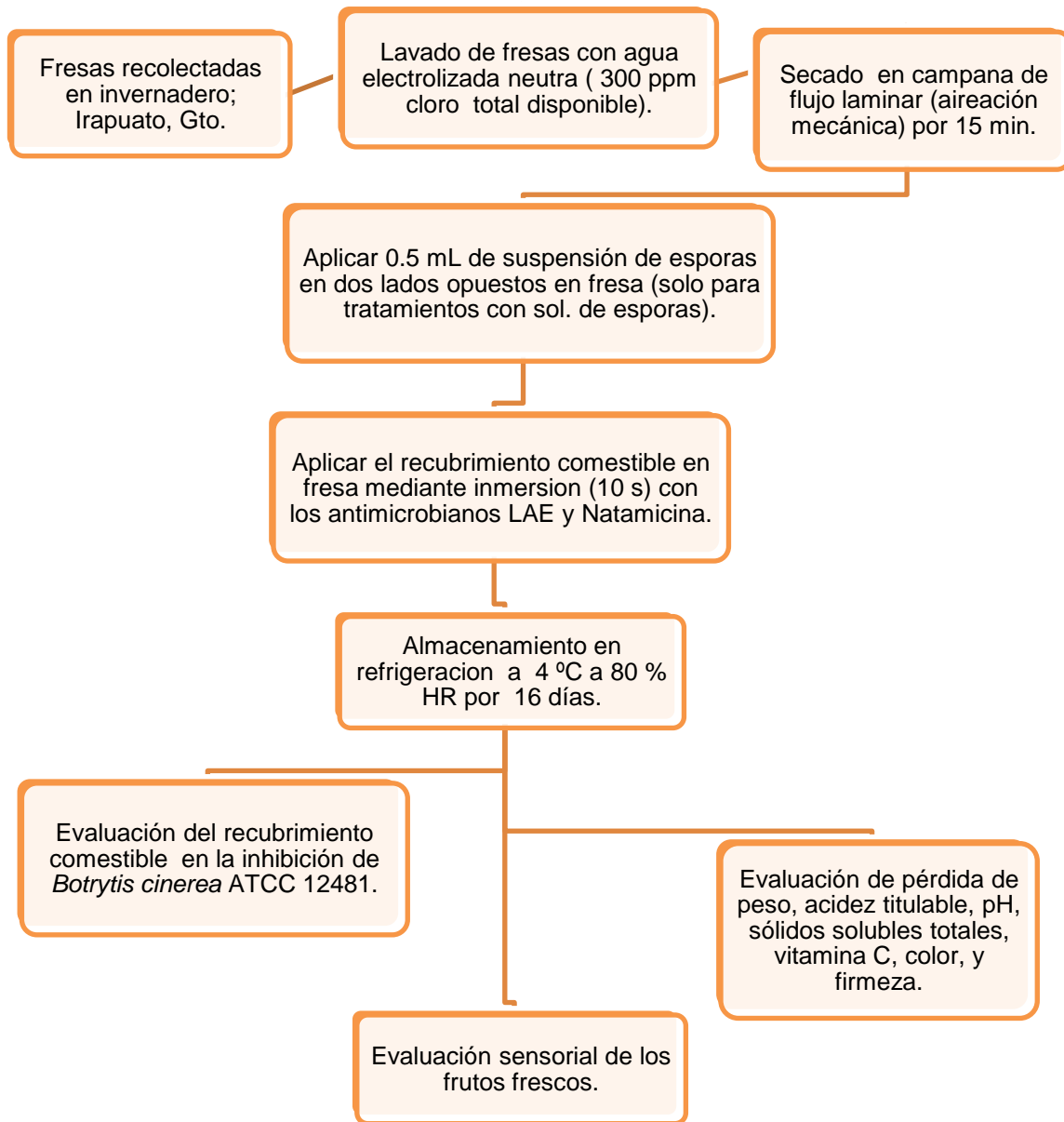
5.1. General

Evaluar el efecto de un recubrimiento comestible a base de almidón modificado incorporando dos antimicrobianos naturales, sobre la vida de anaquel de la fresa.

5.2. Específicos

- ✓ Diseñar un recubrimiento comestible activo a base de almidón modificado.
- ✓ Evaluar el efecto inhibitorio de los antimicrobianos LAE y Natamicina adicionados al recubrimiento comestible en la inhibición del hongo deteriorador *Botrytis cinerea* ATCC 12481 en fresas.
- ✓ Evaluar el efecto del recubrimiento comestible activo sobre las propiedades fisicoquímicas de fresa durante su almacenamiento.
- ✓ Realizar evaluación sensorial de las fresas tratadas con el recubrimiento comestible activo a dos tiempos de almacenamiento refrigerado.

6. DIAGRAMA DE TRABAJO



7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. MATERIALES

7.1.1. Material Biológico

- *Botrytis cinerea* ATCC 12481
- Frutos de fresa (*Fragaria ananassa*) recolectados en el municipio de Irapuato, Guanajuato.

7.1.2. Reactivos

Almidón modificado [acetilado-entrecruzado (ACLS) y oxidado (OS)], sorbitol no cristizable se obtuvieron de Ingredion (San Juan del Río, Qro., México).

El Tween 80 y NaOH se adquirieron de J.T. Baker (Toluca, México). La cera de abeja fue proporcionada por el Grupo Aselac (Tlalnepantla, Estado de México). El ácido esteárico y morfolina se adquirieron de Sigma (St. Louis, MO, EUA); el arginato laúrico (LAE), fue un obsequio de Vedeqsa (Terrassa, Barcelona, España), mientras que la natamicina se adquirió de EcoBio (Columbus, OH, EUA).

7.1.3. Equipos

Equipo	Modelo y marca
Ultrasonido	Vibra-Cell VCX 500 (Newtown, CT, USA).
Balanza analítica	Satorius analytic MC1 AC 210 S, (Goettingen, Alemania).
Potenciómetro	Hanna Instruments HI-2216, (México, D.F.).
Refractómetro	Hanna Refractometer HI-96801 (México, D.F.).
Colorímetro	Minolta CM-2002, (Ramsey, Nueva Jersey, EUA).

Continuación cuadro de equipos

Equipos	Modelo y marca
Texturómetro	Texture analyser, Lloyd Instruments, mod. TA plus, (East Fareham, Harts., Reino unido).
Campana de flujo laminar	Laminar Flow Work Model 1839 (Chula Vista, CA, EUA).
Cámara de humedad	Cámara climática con control de temperatura y humedad (Binder, Serie KBWF 240, Alemania).
Agitador orbital	Thermo Scientific MaxQ 6000, modelo 4353 (Chula Vista, CA, EUA).

8. METODOLOGÍA

8.1. Resumen de las metodologías empleadas

Determinación	Método	Referencia
Sólidos solubles totales	Refractometría	Método 932.14; AOAC (1990)
Pérdida de peso	Gravimetría	Navarro-Tarazaga <i>et al.</i> , (2008)
Acidez titulable (AT)	Volumetría	Método 942.15; AOAC (1990)
pH	Volumetría	Método 981.12; AOAC (1990)
Evaluación del color	Colorimetría	Yang <i>et al.</i> , (2007).
Evaluación de firmeza	Compresión	Velickova <i>et al.</i> , (2011)
Vitamina C	Volumetría	Método 967.21; AOAC (2000)

8.2. Elaboración del recubrimiento comestible a base de almidón modificado

La suspensión filmogénica de almidón se prepararon de acuerdo con lo reportado por Arredondo-Ochoa (2012), mediante una dispersión acuosa del almidón modificado (ACLS ú OS) y el sorbitol no cristalizante como plastificante en agua

destilada, bajo agitación magnética, a temperatura ambiente, hasta su completa disolución aplicando ciertas modificaciones. Posteriormente se calentó a 90 °C por 20 min para completar la gelatinización del almidón y se enfrió en baño de hielo (~10 °C).

La microemulsión de cera de abeja como agente hidrofóbico, los antimicrobianos (LAE o natamicina) y el Tween 80 como emulsificante se incorporaron a la suspensión filmogénica en frío, empleando un mezclador de alta velocidad a 21, 500 rpm durante 3 min, realizando modificaciones. La suspensión filmogénica final se desgasificó al vacío por 10 min.

La microemulsión de cera de abeja se preparó según lo expuesto por Hagenmaier y Baker (1994). Se mezcló 100 g de cera de abeja y 15 g de ácido esteárico los cuales se fundieron a 60 °C; posteriormente se añadieron 15 g de morfolina y la mezcla obtenida se adicionó a 350 mL de agua en ebullición, bajo la acción de un mezclador de alta velocidad a 21, 500 rpm por 3 min. Inmediatamente se enfrió en baño de hielo (~10 °C) y se filtró a través de tela tipo manta de cielo. La emulsión de cera de abeja obtenida se expuso a 5 pulsos de 2000 V con periodos de descanso de 1 min utilizando un equipo de ultrasonido (Vibra-Cell VCX 500, Newtown, CT, USA) para finalmente obtener una microemulsión de cera con un contenido de 20% de sólidos.

8.3. Aplicación del recubrimiento comestible activo en fresa

Se utilizaron lotes de 3 frutos de fresa para cada tratamiento previamente seleccionados en base a su grado de madurez y ausencia de daño físico, realizando una desinfección utilizando una solución de agua electrolizada neutra (300 ppm de cloro total disponible) para secarse mediante campana de flujo laminar y aireación mecánica. Posteriormente se recubrieron mediante inmersión del fruto en la suspensión filmogénica por 10 s y el grupo control mediante inmersión en agua destilada estéril. Se almacenaron en cajas de plástico perforadas en la parte superior e inferior (20 x 15 x 10 cm) a temperatura de refrigeración (4 °C, 80 %HR) y se llevó

un monitoreo durante 16 días, con muestreos cada 4 días. Los frutos de fresa sin recubrimiento los denominaremos control (C) y las muestras de frutos de fresa recubiertas con almidón acetilado-entrecruzado (ACLS) u oxidado (OS) y dos diferentes antimicrobianos (LAE y natamicina), se clasificarán como (ACLS-LAE), (ACLS-Natamicina), (OS-LAE), (OS-NAT) respectivamente, efectuándose tres réplicas para cada determinación. Dependiendo del tiempo que tome el experimento y de los resultados con el OS se podrá eliminar el experimento usando ACLS (Velickova *et al.*, 2013).

8.4. Evaluación del recubrimiento comestible activo en la inhibición de *Botrytis cinerea* ATCC 12481

La colecta de fresas (*Fragaria ananassa*) variedad “Camino Real”, se realizó el jueves 05 de Junio del 2014 en el Municipio de Irapuato, Guanajuato. Se recolectaron 60 fresas en su etapa de madurez fisiológica y se seleccionaron de acuerdo a su ausencia de daño físico. Se lavaron con agua electrolizada neutra a una concentración de 300 ppm y se dejaron secar a 25 °C, 30 min, con aireación mecánica.

- Se destinaron 12 fresas sin inocular y recubrir como tratamiento control (C).
- Se inocularon 12 fresas con 0.5 mL de una suspensión de 10^5 esporas/mL de *Botrytis cinerea* ATCC 12481 en dos lados opuestos de la fresa y se dejaron secar a 25 °C, 15 min, con aireación mecánica, a las cuales se les denominó (C) + IN.
- Se repitió el paso anterior y se recubrieron las fresas mediante inmersión durante 10 s con una suspensión filmogénica a base de almidón oxidado y se secó a 25 °C por 30 min, con aireación mecánica, y se denominó (OS)+ IN. Se efectuó el mismo procedimiento para el recubrimiento con arginato láurico (OS-LAE), y adicionalmente con el antimicrobiano natamicina (OS-NAT). Las recubiertas se secaron a 25 °C por 30 min, con aireación mecánica,

obteniéndose los tratamientos (OS-LAE) + IN y (OS-NAT) + IN, respectivamente

Para conocer la cantidad total de antimicrobiano que se agregó a cada fresa, se tomó en cuenta el experimento realizando para caracterizar las propiedades fisicoquímicas de los frutos frescos ya que se realizó con anterioridad, y tomando en cuenta que para 46 fresas con un promedio de peso de 18 g, se gastaron 55 mL de suspensión filmogénica (OS) y debido a esto en 1 fresa se utilizaron 1.19 mL de suspensión filmogénica para recubrir las fresas, por lo que tienen 0.236 mg LAE/g de fresa, equivalente a 236 μ g LAE/g fresa. Para el caso de NAT, se usaron 0.042 g/100 ml suspensión filmogénica, que al recubrir las fresas, corresponde a 0.0277 mg NAT/fresa, equivalente a 27.7 μ g NAT/g fresa.

Al día 0 en la campana de flujo laminar 3 fresas (C) fueron colocadas en 3 bolsas estériles *Nasco Whirl-Pak* (Fort Atkinson, Wisconsin) y se agregaron 90 ml de Tween 80 al 0.1 %.

Las bolsas junto con las fresas (C) fueron tratadas mediante agitación orbital por 3 min a 350 rpm a temperatura ambiente. Posteriormente, las bolsas se llevaron a la campana de flujo laminar y se añadieron 100 μ L de suspensión de esporas a la caja petri con medio RBC, y con asa de vidrio estéril se realizó la técnica de extensión en superficie. Las placas se incubaron a 28 °C por 24 h, o hasta la germinación de las esporas. Este procedimiento se realizó también para las muestras (C)+ IN, (OS)+ IN, (OS-LAE) + IN y (OS-NAT) + IN; que se analizaron a los 0, 4, 8 y 12 días de almacenamiento a 4°C y 80% HR.

- Agar Rosa de Bengala Cloranfenicol (RBC)

Recuento selectivo con máxima recuperación de hongos (L & M) UNE 100012:2005 (Tabla 5).

Tabla 5. Composición del Agar Rosa de Bengala Cloranfenicol.

Ingrediente	Peso (g)
Polipeptona micológica	5,00 g
Glucosa	10,00 g
Sulfato de magnesio	0,50 g
Fosfato potásico	1,00 g
Rosa de Bengala	0,06 g
Cloranfenicol	0,20 g
Agar-agar	15,00 g

(Fórmula por litro), pH final: $7,2 \pm 0,2$)

Medio ideal para la máxima recuperación de hongos (levaduras y mohos). Las bacterias acompañantes son inhibidas por el cloranfenicol, antibacteriano de amplio espectro. Gracias al pH neutro, las células y esporas dañadas crecen sin problemas, de ahí su magnífica recuperación. Cuando se adiciona el colorante rosa de bengala al medio de cultivo, se limita la invasión de la placa por mohos de crecimiento rápido. Sin embargo debe tenerse cuidado de no exponerlo a la luz intensa, ya que presentaría efecto inhibitorio (American Public Health Association., 1984).

8.5. Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de las fresas frescas

La caracterización fisicoquímica se llevó a cabo analizando la pérdida de peso de los frutos, así como la determinación de las propiedades de pH, acidez titulable (AT), sólidos solubles totales (SS), vitamina C, color superficial y firmeza.

8.5.1. Evaluación de la pérdida de peso

Se evaluó aproximadamente 270 g frutos de fresa por cada tratamiento, con características de forma y tamaño similares. La pérdida de peso de las muestras

almacenadas a temperatura de refrigeración (4 °C) y se monitorearon durante 0, 4, 8, 12 y 16 días, pesando las charolas con frutos en una balanza analítica (Satorius Mod. MC1 AC 210 S, Goettingen, Alemania) (Navarro-Tarazaga *et al.*, 2008).

8.5.2. Determinación de la acidez titulable (AT)

El análisis de la acidez titulable (AT) se determinó de acuerdo a la metodología descrita por la AOAC 942.15 (1990). Se maceraron 3 frutos de fresa correspondientes a cada tratamiento y se tomaron 3 mL de jugo diluido en una proporción 1:1 con agua destilada para titularse con NaOH 0.1 N hasta alcanzar un pH final de 8.1 utilizando un potenciómetro (Hanna Instruments HI-2216, México, D.F.). Los resultados se expresaron como g de ácido cítrico/ g de fruto fresco.

8.5.3. Determinación del pH

El pH se determinó de acuerdo a la AOAC 981.12 (1990) el cual se midió en el jugo de fresa de cada muestra obtenido para la determinación de acidez titulable (AT), utilizando un potenciómetro.

8.5.4. Determinación de sólidos solubles totales (SS)

La determinación de sólidos solubles totales (SS) se realizó con muestras de jugo de la fresa por cada tratamiento a 25 °C, en un refractómetro (Hanna Mod. HI-96801) (AOAC-932.14, 1990).

8.5.5. Evaluación del color superficial de los frutos

La evaluación del color de la superficie de los frutos de fresa de las muestras se llevó a cabo con un colorímetro Minolta (CM-2002) según la metodología propuesta por Yang *et al.* (2007). Se evaluaron las coordenadas colorimétricas según la escala propuesta por la CIE: a^* , b^* , cromaticidad, luminosidad y tonalidad (H).

8.5.6. Evaluación de firmeza

La firmeza de la fresa se determinó utilizando el texturómetro TA plus. Al igual se obtuvo datos de resiliencia, cohesividad y elasticidad. Los frutos de fresa de los tratamientos (C), (OS-LAE) y (OS-NAT), se colocaron sobre una plataforma de forma perpendicular a la sonda (cilíndrica de aluminio de 50 mm de diámetro). Se siguió la metodología propuesta por Velickova *et al*, (2011). El análisis de textura se programó para que el movimiento de la sonda comenzara a descender en un punto a 5 mm por encima de la muestra, hasta el 50 % de compresión. En la tabla 6 se describen las condiciones iniciales a las cuales se programó el texturómetro para ser utilizadas durante el análisis.

Tabla 6. Condiciones iniciales para el análisis de perfil de textura (TPA).

Celda de carga	101 kg
Sonda	50 mm
Velocidad inicial	1.0 mm/s
Velocidad de la prueba	1.0 mm/s
Velocidad final	1.0 mm/s
Fuerza inicial	40 g
Tiempo entre ciclos	5 s

8.5.7. Determinación de vitamina C

La vitamina C, se determinó por el método volumétrico, utilizando un potenciómetro Hanna en el cual la vitamina C decolora el 2, 6 dicloro fenol indofenol. Los resultados se expresaron en mg/100 g de muestra (AOAC, 967.21, 2000), usando una curva de calibración de vitamina C.

La colecta de fresas *Fragaria ananassa* var. "Camino Real", se realizó por triplicado el jueves 20 de marzo, martes 21 de abril y martes 13 de mayo del 2014

en el Municipio de Irapuato, Guanajuato. Se recolectaron 138 fresas en su etapa de madurez fisiológica y se seleccionaron de acuerdo a la ausencia de daño físico; se pesaron para tener uniformidad en tamaño y se lavaron con agua electrolizada neutra (AEN) a una concentración de 300 ppm y se dejaron secar a 25 °C por 30 min, con aireación mecánica.

Se destinaron 46 fresas sin recubrir como tratamiento control (C), 46 fresas para recubrirlas mediante inmersión durante 10 s con una suspensión filmogénica a base de almidón oxidado y LAE (OS-LAE) y 46 fresas para recubrirlas con almidón oxidado y natamicina (OS-NAT), las cuales se dejaron secar a 25 °C, 30 min, con aireación mecánica.

Las fresas se colocaron en charolas de plástico y se almacenaron en una cámara de humedad a 4 °C y 80 % HR, para ser analizadas en los días 0, 4, 8, 12 y 16 obteniéndose un total de 15 charolas que contenían 9 fresas en cada una. Para cada día de muestreo, se asignó el siguiente número de muestras: 9 fresas control (C), 9 fresas recubiertas con (OS-LAE), y 9 con recubrimiento de (OS-NAT).

Tres fresas de cada tratamiento fueron utilizadas para determinar pérdida de peso y medir el color; 3 para medir textura y 3 se molieron para determinar vitamina C, pH, acidez titulable (AT) y sólidos solubles totales (SS).

8.6. Evaluación sensorial de fresas tratadas con el recubrimiento comestible activo

Se destinaron 50 fresas sin recubrir como tratamiento control (C), 50 fresas para recubrirlas mediante inmersión durante 10 s con una suspensión filmogénica a base de almidón oxidado y LAE (OS-LAE) y 50 fresas para recubrirlas con almidón oxidado y natamicina (OS-NAT), las cuales se dejaron secar a 25 °C, 30 min, con aireación mecánica.

Se utilizaron 25 fresas (C), 25 fresas con recubrimiento (OS-LAE), y 25 fresas con (OS-NAT) para realizarse la evaluación sensorial. La evaluación sensorial se realizó 24 h después del recubrimiento en una segunda sesión diferente realizada al día 8 de almacenamiento a 4° C y 80% HR, por medio de pruebas de comparación, utilizando un panel de 25 jueces no entrenados de entre 19 y 42 años.

Muestras codificadas de formulaciones (OS-LAE) y (OS-NAT), se compararon contra una referencia fresa sin recubrir (C) en términos de la intensidad de cada uno de los siguientes parámetros sensoriales: color, aroma, textura, sabor, apariencia y la preferencia general, por medio de pruebas de comparación con una escala hedónica de siete puntos.

Se determinó la evaluación sensorial 24 h después de aplicar el recubrimiento comestible activo en fresas debido a que se esperó que el recubrimiento se adhiriera completamente a la fresa proporcionando un aspecto agradable para los panelistas. Al igual que la segunda evaluación sensorial se realizó hasta el día 8 de almacenamiento a 4 °C y 80%HR debido a que el recubrimiento se estaba despegando de las fresas recubiertas, provocado por la pérdida de humedad que es característico en fresas.

8.7. Análisis Estadístico

Se efectuaron todas las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas por triplicado, y se reporta el promedio \pm desviación estándar. Para determinar diferencias entre los promedios, un análisis de varianza posteriormente se efectuó la prueba de Tukey, con un nivel de significancia ($p < 0.05$).

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

FRESAS CONTROL (C)



DIA 0



DIA 4



DIA 8



DIA 12



DIA 16

Figura 7. Fresas (C) variedad "Camino real" almacenadas a 0, 4, 8, 12 y 16 días a 4 ° C y 80 % HR.

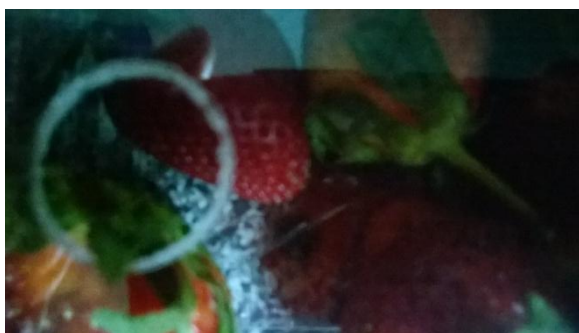
FRESAS (OS-LAE)



DIA 0



DIA 4



DIA 8



DIA 12



DIA 16

Figura 8. Fresas (OS-LAE) variedad "Camino real" almacenadas a 0, 4, 8, 12 y 16 días a 4 ° C y 80 % HR.

FRESAS (OS-NAT)



DIA 0



DIA 4



DIA 8



DIA 12



DIA 16

Figura 9. Fresas (OS-NAT) variedad "Camino real" almacenadas a 0, 4, 8, 12 y 16 días a 4 ° C y 80 % HR.

9.1. Evaluación del recubrimiento comestible activo en la inhibición de *Botrytis cinerea* ATCC 12481

En la Figura 10 se muestran los resultados obtenidos del conteo de la germinación de esporas del hongo deteriorador *Botrytis cinerea* ATCC 12481 para cada tratamiento, con y sin inóculo o recubrimiento, en función del tiempo de almacenamiento. Para las muestras (C) + IN y (OS) + IN se observa que la germinación de esporas tiene lugar desde el inicio del experimento, con respecto de las muestras (C), las cuales presentaron crecimiento a partir del cuarto día de almacenamiento, sin haber sido inoculadas. Por otro lado, con la incorporación de los agentes antimicrobianos en la formulación del recubrimiento comestible, se logró disminuir la germinación de esporas de *B. cinerea*, donde para el tratamiento (OS-LAE) + IN se obtuvo una inhibición completa del hongo a partir del cuarto día de almacenamiento y para el tratamiento (OS-NAT) + IN, a partir del octavo día de almacenamiento, permaneciendo así hasta el final de la prueba. Cabe aclarar que el límite de detección es de 1 log esporas/ml.

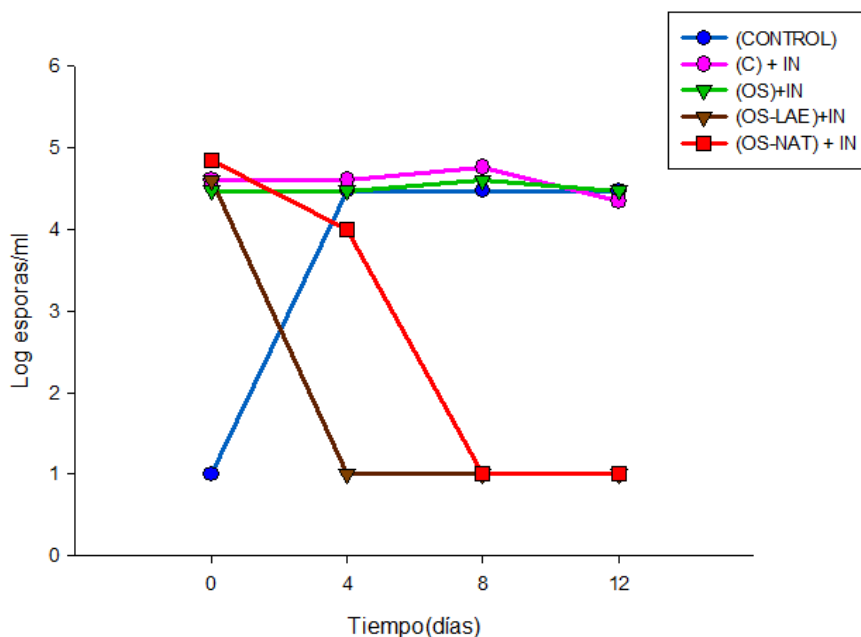


Figura 10. Recuperación de esporas de fresa variedad “Camino Real” en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80 % HR.

Vargas *et al.*, (2006), reportaron la aplicación de un recubrimiento comestible de quitosano con diferentes concentraciones de ácido oleico en fresas (*Fragaria ananassa* var. Camarosa), almacenadas a 5°C y 75 %HR, con el objetivo de analizar la descomposición de los frutos por hongos a través de los 0, 5, 6, 9, 10, 13 y 14 días de almacenamiento, observando que las fresas recubiertas con quitosano y los niveles más altos de ácido oleico (2 y 4%), retrasaron la aparición de la infección fúngica en comparación con las fresas sin recubrir, las cuales empezaron a decaer desde el principio del almacenamiento. Al término del análisis, el porcentaje de fresas recubiertas infectadas estaba por debajo del 50% y las muestras no recubiertas mostraron signos visibles de descomposición por hongos. Un comportamiento similar se obtiene con las muestras recubiertas (OS-LAE) + IN y (OS-NAT) + IN, sin embargo la incorporación del arginato laurico y la natamicina como agentes antimicrobianos, lograron una completa inhibición del hongo deteriorador *B. cinerea* hasta el final del experimento (12 días) y en los frutos recubiertos con cualquiera de los dos antimicrobianos no se observó la aparición del crecimiento micelial del hongo (Figura 8 y 9). Esto es importante ya que la apariencia de la fresa influye en primera instancia en la aceptación y consumo por parte del consumidor.



Figura 11. Tratamiento (OS-LAE) + IN sin crecimiento micelial almacenadas por 12 días a 4°C y 80 % HR.

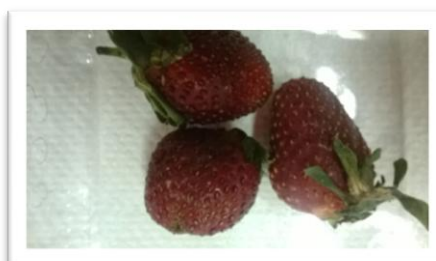


Figura 12. Tratamiento (OS-NAT) + IN sin crecimiento micelial almacenadas por 12 días a 4°C y 80 % HR.

Por otro lado, Velickova *et al.*, (2013), reportaron la aplicación de un recubrimiento de quitosano y cera de abeja en fresas (*Fragaria ananassa* var. Camarosa), almacenadas a 20 °C y 35-40 %HR por 7 días, para observar la infección causada por los hongos. Se analizaron muestras control (A) y cuatro formulaciones diferentes para las muestras recubiertas, una capa de quitosano (B), tres capas de recubrimiento de cera de abeja- quitosano- cera de abeja(C), tres capas de recubrimiento de quitosano que se entrecruzan con tripolifosfato de sodio TPP (D), y un recubrimiento compuesto (E). La infección fúngica en las fresas control (A) tuvo lugar a partir del segundo día de almacenamiento, mientras que para las muestras recubiertas se logró retrasar el crecimiento micelial a partir del tercer día de almacenamiento, siendo menor que la infección de los frutos control (A), pero estadísticamente significativo. Sin embargo, para el final del séptimo día de almacenamiento, el 98% de los frutos analizados estaban completamente infectados. La incidencia de la infección de los frutos con el recubrimiento (B) y (E) fue del 80 %, mientras que la infección de las fresas recubiertas con el recubrimiento (C) y (D) fue de 35 y 11%, respectivamente. Debe aclararse que las condiciones de temperatura y % HR de almacenamiento difieren de las consideradas en la presente investigación, donde se utilizaron condiciones de refrigeración comercial de frutos frescos, permitiendo extender el análisis en un intervalo mayor de almacenamiento de hasta 12 días. En este estudio se obtuvieron mejores resultados con la aplicación de recubrimientos comestible activos obtenidos por una sola inmersión aunado a la incorporación de agentes antimicrobianos que permitieron prolongar la vida útil de almacenamiento de dichos frutos y asegurar su calidad microbiológica mediante la inhibición completa del hongo deteriorador *B. cinerea*.

9.2. Humedad de fresa

En la Tabla 7 se muestra el porcentaje de humedad para las muestras (C), (OS-LAE) y (OS-NAT), al día 0 de almacenamiento, siendo las muestras (C) las que presentan un mayor porcentaje de humedad de 87.52 %, con respecto de las muestras recubiertas (OS-NAT) y (OS-LAE).

Tabla 7. Determinación de la humedad inicial de fresas variedad “Camino real”.

TRATAMIENTOS	% humedad
(CONTROL)	87.52 %
(OS-LAE)	84 %
(OS-NAT)	85.85 %

9.3. Evaluación de pérdida de peso

En la Tabla 8 se muestran los resultados obtenidos para el porcentaje de pérdida de peso de los frutos de fresa, donde se puede observar que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) a través de los días de almacenamiento, obteniéndose la mayor pérdida de peso en las muestras (C) con un 21.3 %, con respecto de las muestras recubiertas (OS-LAE) y (OS-NAT), las cuales registraron una pérdida de peso del 19.4 % para el último día de almacenamiento, lo que sugiere que la aplicación del recubrimiento comestible a base de almidón y cera de abeja, contribuye a disminuir el porcentaje de pérdida de peso en los frutos durante su almacenamiento, sirviendo como una barrera eficaz contra la transferencia de humedad, causada por los procesos de transpiración y respiración que se llevan a cabo en los frutos frescos.

Tabla 8. Pérdida de peso (%) de fresas variedad “Camino Real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	0 a,1	0 a,1	0 a,1
4	10.0 ± 0.8 b,2	4.2 ± 0.7 a,1	6.7 ± 0.4 ab,1,2
8	12.5 ± 0.9 b,2	9.5 ± 1.3 ab,1,2	8.5 ± 1.5 ab,1,2
12	21.2 ± 0.7 c,3	16.8 ± 1.4 bc,2,3	14.4 ± 0.30 bc,2,3
16	21.3 ± 1.1 c,3	19.4 ± 1.0 c,2	19.4 ± 0.8 c,2

*Valores para un solo tratamiento (columnas), en donde los niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

*Valores para los tres tratamientos (filas), en donde los niveles que no están conectados por el mismo número son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

La principal causa de la pérdida de humedad durante el almacenamiento es una mayor migración de agua del fruto hacia el medio ambiente, que provoca una mayor concentración de los sólidos contenidos en la fresa (Duan *et al.*, 2011). Fan *et al.*, (2009), reportaron un comportamiento similar al aplicar un recubrimiento a base de alginato de sodio combinado con un antagonista de levadura *Cryptococcus laurentii*, para la conservación de la calidad de fresas (*Fragaria ananassa* Duche), almacenadas durante 5 días a 20 °C y 70 ± 5% HR. Las muestras analizadas fueron control: agua destilada estéril; inóculo C(Lau): 10⁹ ufc/mL de *C. laurentii*; SA: alginato de sodio (SA) al 2% y Lau + SA + fuente de carbono (CS) al 6%. Se obtuvo el menor porcentaje de pérdida de peso en las fresas recubiertas con SA (58 %), el recubrimiento a base de LAU + SA +CS presentó 45 % de pérdida de peso, mientras que las fresas control registraron 65 % de pérdida de peso, todo esto al quinto día de almacenamiento. Comparando estos resultados con los recubrimientos comestibles activos en este estudio (OS-LAE) y (OS-NAT), se logró obtener un porcentaje de pérdida de peso mucho menor en un tiempo mayor de almacenamiento (16 días) a 4 °C y 80 %HR, siendo éste y la temperatura los factores más importantes en el almacenamiento de frutos frescos.

Ali *et al.*, (2011), reportaron el almacenamiento por 15 días de fresas (*Fragaria ananassa*, var. Sweet Charly) sin recubrimiento, a 0 °, 5 ° y 10 °C y un control a 25 °C, con 90-95 %HR. Las muestras almacenadas a temperatura ambiente (control) obtuvieron el mayor porcentaje de pérdida de peso (43 %), a 0 °C fue de 6.4 %, mientras que las fresas almacenadas a 5 ° C y 10 °C perdieron 7.3 % y 13.4 %, respectivamente, a los 15 días de almacenamiento. Con estos resultados se demuestra que a temperaturas menores de almacenamiento (0 °C) las fresas presentan menor pérdida de peso, debido a que se disminuye su velocidad de respiración. Estos resultados son diferentes en comparación con los recubrimientos comestibles activos (OS-LAE) y (OS-NAT) ya que se obtiene una mayor pérdida de peso de 19.4 % en ambos tratamientos al término del experimento. Sin embargo, el

tiempo de almacenamiento fue mayor (16 días) y %HR menor (80 %HR). Las condiciones de almacenamiento son factores muy importantes que determinan el tiempo en que las fresas llegan a la senescencia después de ser cosechadas.

Por otro lado, Youngjae *et al.*, 2007, reportaron que la pérdida de peso en fresas almacenadas a 0 y 10 °C es insignificante durante los primeros dos días de almacenamiento, sin embargo un incremento a 20 °C, provoca que rápidamente se vea incrementada la pérdida de peso desde el día 3. Es por lo anterior, que en la presente investigación, se decidió llevar a cabo el almacenamiento de las muestras a 4 °C y 80 %HR, en base a las condiciones de refrigeración comercial, considerando el carácter perecedero y de corta vida de anaquel que caracteriza a la fresa.

9.3.1. Determinación de sólidos solubles totales (SS)

La Tabla 9 muestra los resultados obtenidos para los sólidos solubles totales (SS), donde se puede observar que existen diferencias significativas a través de los 16 días de almacenamiento, donde las muestras (C) mostraron un aumento del 6.63 % en el último día respecto al inicio del almacenamiento mientras que las muestras recubiertas (OS-LAE) y (OS-NAT) aumentaron 7.77 % y 9.21 % de SS, respectivamente. De acuerdo con Duan *et al.*, 2011, los SS están constituidos por azúcares (80-95 %) disueltos, su contenido depende directamente del tiempo y de las condiciones de almacenamiento a las que se ven sometidos los frutos. Durante la maduración, los SS de los frutos tienden a aumentar debido a la ruptura de polisacáridos y oligosacáridos a monosacáridos, aunado a la migración de agua del fruto hacia el ambiente, traduciéndose en una mayor pérdida de peso y un aumento en la concentración de los SST.

Tabla 9. Valores de % SS (°Brix) de fresas variedad “Camino Real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	9.71 ± 0.99 d,2	9.84 ± 1.39 d,2	9.68 ± 1.19 c,1
4	9.93 ± 1.04 c,1	10.04 ± 1.21 c,2	10.04 ± 1.17 b,2
8	10.1 ± 0.97 b,1	10.18 ± 1.00 b,1	10.27 ± 0.93 a,2
12	10.2 ± 0.96 a,1	10.41 ± 0.69 b,2	10.74 ± 0.43 a,2
16	10.4 ± 0.96 a,1	10.67 ± 0.89 a,2	10.96 ± 0.60 a,2

*Valores para un solo tratamiento (columnas), en donde los niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

*Valores para los tres tratamientos (filas), en donde los niveles que no están conectados por el mismo número son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Así mismo, Vargas *et al.*, (2006), reportaron un aumento del 7.9 % de SS en fresas (*Fragaria ananassa*, var. Camarosa), recubiertas con quitosano y 4 % de ácido oleico al décimo día de almacenamiento a 5°C y 75 % HR. Estos resultados son similares a los obtenidos para las fresas recubiertas (OS-LAE), que mostraron un aumento del 7.77 % de SS en un tiempo mayor de almacenamiento (16 días). Por su parte, Neeta *et al.*, (2013) reportaron la aplicación de 4 combinaciones de recubrimientos comestibles: carboximetilcelulosa (CMC) 1 %, hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC) 1 %, (CMC) 1 % + quitosano (Q) 1 %, y (HPMC) 1 % + (Q) 1 %, en fresas (*Fragaria x ananassa*, var. Duche), almacenadas a 11 ± 1 °C y 70-75 % HR, durante 12 días, observando 5.3 % de SS al inicio de la prueba y aumentado gradualmente durante el almacenamiento tanto para las fresas control como con recubrimiento. Las muestras control mostraron el mayor % de SS (8.5 %), mientras que las fresas recubiertas con (CMC) 1 % + (Q) 1 % y (HPMC) 1 % + (Q) 1 %, registraron un aumento de SS al 7.8 % a los 12 días de almacenamiento, teniendo un aumento de 2.5 % de SS entre el inicio y el final del experimento. En el presente estudio se obtuvo un aumento de SS en fresas recubiertas. Sin embargo, este aumento fue menor, ya que la muestra (OS-LAE) presentó un valor de 9.84 % de SS al inicio y aumentó gradualmente a 10.67 % al finalizar el experimento. Este aumento de SS fue solo de 0.83 %, para (OS-LAE), mientras que para la muestra

(OS-NAT) se observó un valor de 9.68 %SS al inicio, que aumentó a 10.96 % a los 16 días de almacenamiento, obteniendo 1.28 % de aumento entre el inicio y el término del experimento. De estos resultados se puede concluir que la aplicación del recubrimiento (OS) contribuye a evitar la migración de agua del fruto hacia el ambiente, así como a un aumento gradual de los SS en fresas recubiertas.

9.3.2. Comparación del porcentaje de pérdida de peso y SS

La Figura 13 muestra la relación que existe entre el porcentaje de pérdida de peso y el porcentaje de SS obtenidos para cada tratamiento en función del tiempo de almacenamiento, donde se puede observar que las fresas recubiertas, tuvieron el menor porcentaje de pérdida de peso (19.4 %), no mostraron un aumento significativo en el contenido de SS durante el almacenamiento, obteniendo para las muestras (OS-LAE) 10.67 % de SS y para las muestras (OS-NAT) 10.96 % SS, en comparación con el grupo control (C). Los frutos control registraron un aumento en SS de forma gradual durante su almacenamiento, además de registrar el mayor porcentaje de pérdida de peso (21.3 %) al final del almacenamiento. Por lo tanto se concluye que el recubrimiento comestible sirvió como barrera eficaz a la transferencia de agua que se origina en el fruto, disminuyendo la pérdida de peso, con ligero aumento de los SS, que se considera el resultado de la maduración y senescencia del fruto.

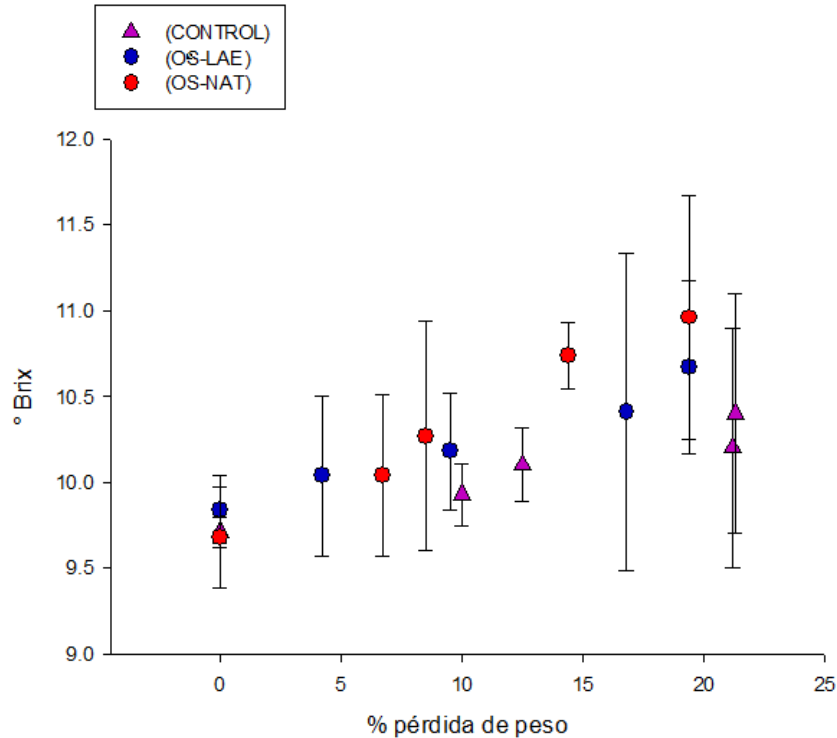


Figura 13. Comparación de porcentaje de pérdida de peso y SS en fresas variedad “Camino Real”, almacenadas a 4°C y 80% HR.

9.3.3. Determinación de acidez titulable (AT)

La Tabla 10 muestra los resultados obtenidos para la AT, expresada como porcentaje de ácido cítrico, que de acuerdo con Shamaila *et al.*, (1992), es el ácido orgánico más abundante que se encuentra presente en la fruta de la fresa. Se puede observar que existen diferencias significativas en la AT durante el tiempo de almacenamiento ($p < 0.05$), el cual resulta entonces un factor crítico. Las muestras (C) y (OS-NAT) mostraron un aumento del 6.18 % y 6.38 % de AT, respectivamente, en comparación con las muestras recubiertas (OS-LAE) donde el porcentaje de AT disminuyó en 5.31 % para el día 16 de almacenamiento (Tabla 10). La mayoría de las frutas son particularmente ricas en ácidos orgánicos que están usualmente disueltos en la vacuola de la célula, ya sea en forma libre o combinada como sales, ésteres, glucósidos, entre otros (Cordenunsi *et al.*, 2002).

Tabla 10. Valores de AT expresados como % de ácido cítrico (p/p) de fresas variedad “Camino Real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	0.91 ± 0.09 c,2	0.94 ± 0.08 c,2	0.88 ± 0.07 d,1
4	0.94 ± 0.10 b,2	0.96 ± 0.09 c,2	0.91 ± 0.09 b,1
8	0.95 ± 0.10 b,2	0.94 ± 0.09 b,2	0.92 ± 0.10 c,1
12	0.97 ± 0.10 a,2	0.92 ± 0.08 a,1	0.93 ± 0.11 ab,1
16	0.97 ± 0.08 a,2	0.89 ± 0.09 b,1	0.94 ± 0.11 a,2

*Valores para un solo tratamiento (columnas), en donde los niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

*Valores para los tres tratamientos (filas), en donde los niveles que no están conectados por el mismo número son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Spayd y Morris (1981), reportaron que la AT aumenta ligeramente cuando la fruta es cosechada en su estado de madurez fisiológica y tiende a disminuir más rápidamente en las últimas etapas de la maduración comercial. Por otro lado, Maftoonazad *et al.*, 2008, reportan que una reducción en el contenido de AT puede ser resultado de cambios metabólicos en el fruto debido a la utilización de los ácidos orgánicos en el proceso respiratorio.

Vargas *et al.* (2006), trabajando con fresas recubiertas con quitosano y tres diferentes concentraciones de ácido oleico 1 %, 2 % y 4%, almacenadas a 5°C y 75 % HR por 10 días, observaron para las muestras control una AT de 0.78 % al inicio del experimento, aumentando a 1.04 % al décimo día de almacenamiento. Las muestras recubiertas con quitosano además de 1 y 2 % de ácido oleico presentaron una AT inicial de 0.72 % y de 0.79 % al final del almacenamiento. Por otro lado Neeta *et al.* (2013), recubrieron fresas var. Duche con (CMC) 1%, (HPMC) 1 %, (CMC) 1 % + (Q) 1, y (HPMC) 1 % + (Q) 1 %, y se almacenaron a 11 ± 1 °C y 70-75 % HR durante 12 días. Las fresas registraron una lenta disminución de la AT durante el almacenamiento, con y sin recubrimiento. Las muestras (CMC) 1% + (Q) 1%, y (HPMC) 1% + (Q) 1% mostraron el mayor contenido de AT de 0.57 % y 0.59 %, respectivamente, a los 8 días de almacenamiento. Sin embargo, a los 12 días las muestras recubiertas con (HPMC) 1 % + (Q) 1 % disminuyeron la AT en 0.48 %,

como ocurrió con las muestras recubiertas con (OS-LAE), donde la AT disminuyó en 0.89 % a los 16 días de almacenamiento.

9.3.4. Determinación de pH

La Tabla 11 muestra los resultados obtenidos de la determinación del pH, en donde se puede observar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (C), (OS-LAE) y (OS-NAT) ($p < 0.05$). Las muestras (C) y (OS-LAE) registraron un aumento de 0.67 %, mientras que las muestras (OS-NAT) no presentaron cambios durante el almacenamiento. Cordenunsi *et al.*, (2005), reportaron que no se observaron cambios significativos en los valores de pH durante el almacenamiento de los frutos sin recubrir durante 6 días a 6 °C. El mismo comportamiento reportaron Vargas *et al.*, (2006) al no observar cambios significativos en el pH para fresas recubiertas con quitosano y ácido oleico (1, 2 y 4 %) almacenadas a 5°C y 75 % HR durante 10 días.

Tabla 11. pH de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	4.40 ± 0.07 b,2	4.46 ± 0.07 a,2	4.43 ± 0.07 bc,2
4	4.41 ± 0.07 a,1	4.45 ± 0.06 ab,2	4.42 ± 0.08 cd,1
8	4.42 ± 0.08 a1	4.45 ± 0.06 ab,2	4.42 ± 0.08 a,1
12	4.43 ± 0.08 a,1	4.45 ± 0.07 b,2	4.41 ± 0.09 ab,1
16	4.43 ± 0.08 a,1	4.43 ± 0.07 ab,1	4.43 ± 0.08 d,1

*Valores para un solo tratamiento (columnas), en donde los niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

*Valores para los tres tratamientos (filas), en donde los niveles que no están conectados por el mismo número son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

9.3.5. Comparación de pH y AT

La Figura 14 muestra la relación que existe entre el pH y el porcentaje de AT obtenidos para cada tratamiento en función del tiempo de almacenamiento, en donde

se observa que el pH y la AT en las muestras recubiertas (OS-LAE) y (OS-NAT) siguen un comportamiento constante y sin cambios estadísticamente significativos a través de los días de almacenamiento, obteniendo un valor de pH de 4.43 ± 0.0 y de AT de 0.93 ± 0.04 % de ácido cítrico para ambas muestras; por el contrario, las muestras (C) muestran un aumento significativo y gradual en el porcentaje de ácido cítrico a través de los días de almacenamiento, de 0.91 ± 0.09 a 0.97 ± 0.08 % de ácido cítrico, lo que sugiere que el recubrimiento comestible logra estabilizar todos aquellos procesos metabólicos que suelen llevarse a cabo durante la maduración de un fruto, alargando con ello su vida útil de almacenamiento.

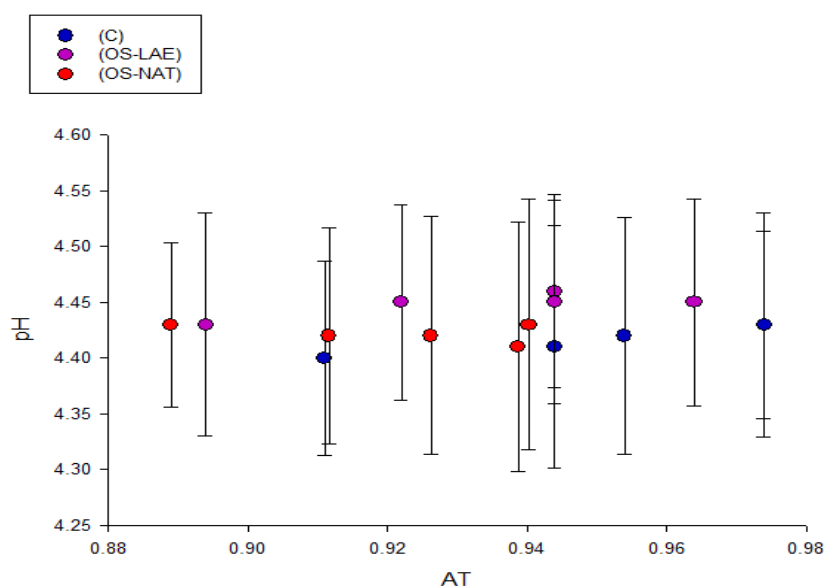


Figura 14. Comparación de % de pérdida de peso y SS en fresas variedad “Camino Real”, almacenadas a 4°C y 80% HR.

9.3.6. Evaluación del color superficial de los frutos

En la Tabla 12 se muestran los resultados de color obtenidos para la coordenada L^* (luminosidad), obteniéndose los valores más altos para las muestras recubiertas (OS-LAE) y (OS-NAT) de 47.84 ± 4.37 y 46.35 ± 3.41 , respectivamente, en comparación con las muestras (C) al obtener un valor de 43.13 ± 4.06 a los 16 días de almacenamiento. Por lo tanto, el recubrimiento comestible le confirió mayor luminosidad a los frutos de fresa, que a simple vista se veían con mayor brillo. Para los valores de chroma (coordenada c^*), las muestras (C) registran una disminución

del 7.82 %, mientras que las muestras recubiertas (OS-LAE) y (OS-NAT) disminuyeron en 19.55 y 26.06 % respectivamente, para el día 16 de almacenamiento. Por tanto, la saturación del color disminuyó significativamente ($p < 0.05$) para las fresas recubiertas como consecuencia de la aplicación del recubrimiento comestible. Finalmente, para los valores de hue-h a final del periodo de almacenamiento (día 16), las muestras (C) presentaron una disminución de 3.32 %, mientras que las muestras (OS-LAE) y (OS-NAT) disminuyeron en 12.9 % y 18.16 %, respectivamente. El tono o matiz (hue-h), es aquella característica que permite clasificar el tono de color. En cuanto a la coordenada a^* (negativo indica verde, positivo rojo), las muestras (OS-LAE) y (OS-NAT), presentan una disminución de 8.62 % y 14.42 % respectivamente, mientras que la muestra (C) disminuyó 8.31 %, al término del experimento. La disminución de la coordenada a^* es mínima y las muestras presentan un ligero oscurecimiento que se debe un aumento en la tasa de respiración y procesos enzimáticos que conducen a una pérdida de calidad de la fruta, entre otras reacciones. Por el contrario, los valores de la coordenada b^* (negativo indica azul, positivo indica amarillo), disminuyen al final del almacenamiento, observándose mayor disminución en las muestras (OS-LAE) y (OS-NAT) con 19.55 % y 26.06 %, mientras que las muestras (C) solo disminuyeron 4.9 %. Esta disminución de b^* se debe a la intensidad y estabilidad de las antocianinas que se encuentran presentes en las fresas y a la aplicación del recubrimiento que provocó un opacamiento del color de las muestras recubiertas disminuyendo la tonalidad característica de las fresas. Este resultado se asocia a un desprendimiento parcial de los recubrimientos al final del almacenamiento (Figura 15).



Figura 15. Tratamiento (OS-LAE) observándose el desprendimiento del recubrimiento en la fresa del lado izquierdo, aunque ambas fresas fueron almacenadas a 4°C y 80 % HR por 16 días.

Tabla 12. Evolución de los parámetros de color (L^* , a^* , b^*) en fresas variedad “Camino Real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.

Tiempo (días)					
(C)					
	0	4	8	12	16
L^*	40.48±9.17c,1	39.03±7.43b,1	36.32±7.81a,2	36.37±9.06a,1	43.13±4.06c,d,1
a^*	40.42±6.96c,3	34.86±5.59a,3	35.12±5.25b,3	32.59±5.06a,3	37.06±6.99b,3
b^*	26.07±7.17d,3	21.47±6.52a,3	22.45±4.22b,3	19.29±5.8a,3	24.79±7.47c,3
Chroma	48.59±9.12d,3	41.12±7.65b,2	41.89±5.22b,3	38.08±6.53a,3	44.79±9.25c,3
Hue°	32.24±4.74b,3	31.04±5.42a,3	32.69±5.87b,3	30.18±5.99a,2	33.35±5.77c,3
(OS-LAE)					
L^*	44.84±13.21c,3	45.05±11.39d,3	40.31±9.71a,3	42.69±12.66b,2	47.84±4.37c,d,3
a^*	35.24±5.68d,1	30.52±7.57b,1	30.65±6.61b,2	24.63±6.06a,1	32.2±6.03c,2
b^*	21.94±8.08c,1	18.33±6.87b,2	18.63±5.93b,2	12.84±5.23a,1	17.65±5.64b,2
Chroma	42.32±8.42d,1	35.84±9.31b,1	36.02±8.25c,2	27.96±7.31a,1	36.86±7.57c,2
Hue°	30.61±6.55c,1	30.55±6.41c,2	30.8±5.31c,2	26.82±6.8a,1	28.13±5.14b,2
(OS-NAT)					
L^*	42.55±12.61b,2	43.87±12.17c,2	37.91±8.26a,2	42.26±9.9b,2	46.35±3.41d,2
a^*	36.75±5.74c,2	31.02±6.15b,2	28.15±6.39a,1	28.09±4.16a,2	31.45±5.1b,1
b^*	22.21±7.45c,2	16.73±6.37b,1	14.88±4.58a,1	14.28±3.3a,2	16.42±4.41b,1
Chroma	43.44±8.44c,2	35.46±7.9b,1	31.94±7.41a,1	31.61±4.7a,2	35.55±6.31b,1
Hue°	30.28±4.93d,1	27.84±5.94b,1	27.64±4.83b,1	26.77±4.63a,1	27.25±3.88c,1

*Valores para un solo tratamiento (filas), en donde los niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

*Valores para los tres tratamientos (columnas), en donde los niveles que no están conectados por el mismo número son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Del-Valle *et al.*, (2005) reportaron la aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de cactus (*Opuntia ficus indica*) en fresa (*Fragaria ananassa*) de

diferentes variedades, almacenadas por 9 días a $5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 75 %HR, obteniendo valores de luminosidad (L^*) en el rango 30-33, siendo mucho menores que los obtenidos para las muestras recubiertas (OS-LAE) y (OS-NAT) de 47.84 ± 4.37 y de 46.35 ± 3.41 a los 16 días de almacenamiento a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 80 %HR. Para la coordenada a^* , las fresas recubiertas con el mucílago de cactus disminuyeron un 40% al noveno día de almacenamiento, comportamiento similar a lo obtenido con las muestras (OS-NAT), en donde se obtiene una disminución menor del 14.42 % al día 16 de almacenamiento.

Para la coordenada b^* se mantuvo un valor de 16 ± 1.5 , desde el primero hasta el noveno día, mientras que para la muestra (OS-NAT), se obtuvo una disminución hasta 16.42 ± 3.41 , a los 16 días de almacenamiento.

Los valores obtenidos de las coordenadas L^* y a^* , muestran que el recubrimiento (OS) ayuda a mantener las características del color en fresas recubiertas y asegurar la aceptación por parte del consumidor.

9.3.7. Evaluación de firmeza

En la Tabla 13 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación de la firmeza de los frutos de fresa con los diferentes tratamientos, sin embargo, el aumento o disminución en el porcentaje de firmeza no es estadísticamente significativa a lo largo del almacenamiento. Se puede observar un aumento de la firmeza al día 16 de almacenamiento, en las muestras (OS-NAT) y (C) del 23.72 % y 8.47 %, respectivamente. Por el contrario, en la muestras (OS-LAE) la firmeza disminuyó en 9.93 % al finalizar el experimento. De acuerdo con Koh y Melton (2004), el reblandecimiento de los frutos de la fresa, ya sea durante la maduración en el campo o durante el almacenamiento, se debe principalmente a la pérdida de material de la pared celular, debido principalmente a la poligalacturonasa que solubiliza y degrada la pared celular compuesta principalmente por pectina (Huber, 1984; Nogata *et al.*, 1993).

Velickova *et al.*, (2013), reportaron la aplicación de un recubrimiento de quitosano y cera de abeja en fresas almacenadas por 7 días a 20 °C y 35-40 % HR, en donde todas las formulaciones del recubrimiento mantuvieron constante la firmeza de las fresas durante el período de almacenamiento. Resultados diferentes se obtuvieron con las muestras (OS-NAT), en las que se observó un aumento de firmeza al término del experimento (día 16). Por otro lado, Del-Valle *et al.*, (2005), reportaron valores de firmeza de 52-102 N en frutos de fresa recubiertos con mucílago de cactus almacenadas a 5 °C ± 0.5 y 75 % HR al noveno día de almacenamiento, los cuales difieren con los obtenidos en la presente investigación, pero que a su vez dependen de la variedad de fresa utilizada así como de las características de cada uno de los componentes del recubrimiento comestible que les fue aplicado.

Tabla 13. Firmeza de fresas (N) variedad “Camino Real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar.

DÍA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	41.14 ± 7.52a	43.57 ± 9.73a	36.11 ± 10.14a
4	50.42 ± 13.34a	52.35 ± 6.25a	42.68 ± 6.77a
8	36.57 ± 2.55a	34.4 ± 3.22a	33.14 ± 5.73a
12	46.06 ± 13.64a	37.37 ± 8.58a	37.51 ± 1.85a
16	44.95 ± 5.6a	39.24 ± 7.4a	47.34 ± 11.58a

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes (p<0.05).

9.3.7.1. Propiedades de fresa (cohesividad, elasticidad, resiliencia)

La Tabla 14, muestra las propiedades de fresas como la cohesividad, elasticidad y resiliencia que están muy relacionadas con el parámetro de firmeza, por lo que también no existen diferencias significativas entre las muestras

recubiertas (OS-LAE) y (OS-NAT) con respecto de las muestras (C), que presentaron un aumento durante el periodo de almacenamiento.

El comportamiento de éstos parámetros en el fruto está ligado directamente con la acción de algunas enzimas que son responsables de la degradación de la pared celular como lo son las pectinasas y las poligacturonasas, durante el periodo de almacenamiento (Yang *et al.*, 2007).

Tabla 14. Propiedades: cohesividad, elasticidad y resiliencia de fresas variedad “Camino Real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar.

(C)					
DÍA	0	4	8	12	16
Cohesividad	0.16± 0a,1	0.29±0.24a,2	0.18±0.01a,1	0.19±0.03a,1	0.23±0.04a,1
Elasticidad(mm)	1.07±0.09a,1	1.36±0.07a,2	1.46±0.28a,2	1.45±0.35a,1	1.15±0.02a,1
Resiliencia	0.28 ±0.1a,2	0.23±0.01a,1	0.33±0.2a,2	0.23±0.02a,1	0.29±0.03a,2
(OS-LAE)					
Cohesividad	0.17±0.01a,1	0.18±0.02a,1	0.20±0.02a,1	0.18±0.01a,1	0.19±0.02a,1
Elasticidad(mm)	1.17±0.12a,2	1.18±0.09a,1	1.39±0.21a,2	1.39±0.08a,1	1.10±0.11a,1
Resiliencia	0.16±0.01b,1	0.22±0.007a,b,1	0.24±0.005a,1	0.24±0.007a,1	0.23±0.04a,1
(OS-NAT)					
Cohesividad	0.19±0.01a,1	0.21±0.02a,1	0.2±0.02a,1	0.2±0.01a,1	0.22±0.03a,1
Elasticidad(mm)	1.24±0.32a,2	1.37±0.09a,2	1±0.39a,1	1.42±0.3a,1	1.14±0.01a,1
Resiliencia	0.18±0.002b,1	0.23±0.23a,b,1	0.22±0.03ab,1	0.26±0.02a,b,1	0.30±0.04a,2

*Valores para un solo tratamiento (filas), en donde los niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

*Valores para los tres tratamientos (columnas), en donde los niveles que no están conectados por el mismo número son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

9.3.8. Determinación de vitamina C

En la Tabla 15 se muestran los resultados obtenidos para la determinación de la vitamina C, en donde se obtuvo una disminución para las muestras (C) del 4.42 %

al día 16 de almacenamiento, mientras que para las muestras (OS-LAE) y (OS-NAT) se presentó un aumento del 0.43% y 6.19 %, respectivamente. Estas variaciones permiten conocer que existen diferencias significativas en las diferentes muestras al transcurrir los días de almacenamiento. La disminución en el contenido de vitamina C puede estar influenciada por el tiempo de almacenamiento, el grado de madurez de las fresas al momento de cosecharlas y el estado fisiológico en que se encontraban al momento de ser analizadas, lo que ocasionó que no se obtuviera la misma cantidad de ácido ascórbico entre las muestras (Ali *et al.*, 2011). Además al efecto protector del recubrimiento comestible a base de almidón modificado y cera de abeja contribuyó a disminuir la permeabilidad al oxígeno, proceso por el cual se ha reportado la pérdida de vitamina C (Krochta y Mulder-Johnson, 1997; Tharanathan, 2003).

Tabla 15. Vitamina C (mg ácido ascórbico/100 g de muestra) de fresas variedad “Camino Real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar.

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	66.95 ± 15.57 a	68.73 ± 19.49 a	62.81 ± 11.24 b
4	63.99 ± 16.65 ab	69.62 ± 18.78 a	67.55 ± 14.11 a
8	63.70 ± 17.40 bc	71.40 ± 17.77 b	71.10 ± 16.22 c
12	62.81 ± 17.18 cd	71.99 ± 17.58 b	74.07 ± 17.97 cd
16	63.99 ± 16.38 d	69.03 ± 16.46 c	66.96 ± 18.30 d

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes (p<0.05).

Neeta *et al.*, (2013), reportaron la aplicación de un recubrimiento comestible a base de CMC, HPMC y Q, en fresas almacenadas a 11 ± 1 °C y 70-75 % HR por 12 días, en donde el contenido de ácido ascórbico tanto en los frutos recubiertos como control, disminuyó con el tiempo de almacenamiento y el tipo de recubrimiento que se les aplicó. El contenido inicial de ácido ascórbico fue 65.23 mg/100 g, para las muestras recubiertas después de 12 días de almacenamiento fue 20 mg/100. Estos valores son diferentes con los obtenidos con los recubrimientos comestible (OS-LAE)

y (OS-NAT) que inicialmente presentaron 68.73 y 62.81 mg/100 g, respectivamente, y después de 16 días de almacenamiento, mostraron valores de 69.03 y 66.96 mg/100 g, Esto indica que el recubrimiento comestible activo a base de almidón retarda la pérdida de ácido ascórbico en fresas.

Pocos autores realizan la determinación de ácido ascórbico en fresas, dejando a un lado los efectos benéficos que puede brindar su consumo, ya que se considera uno de los antioxidantes naturales más potentes (Cordenunsi *et al.*, 2002, Cordenunsi *et al.*, 2005), por su capacidad de atrapar los radicales libres (superóxido, hidróxido y oxígeno), lo que da protección contra las enfermedades relacionadas con el “estrés oxidativo como la aterosclerosis, enfermedades cardiovasculares y algunas formas de cáncer (Lee y Kader, 2000), por lo que actualmente la fresa se ha convertido en una fruta con una gran demanda comercial.

9.4. Evaluación sensorial.

La Tabla 16 muestra los resultados obtenidos de la evaluación sensorial que incluyen el color, aroma, textura, sabor y aceptación general de fresas para cada tratamiento utilizando una escala hedónica de siete puntos, estructurada, verbal y bipolar. Las muestras se almacenaron durante ocho días y fueron evaluadas por 25 panelistas no entrenados. Con respecto al color, los resultados muestran que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) a través de los días de almacenamiento. Se obtuvo una mayor aceptación del color para las muestras (C) al día 0 siendo de 5.48 y al día 8 de 4.69 por el contrario, para las muestras (OS-LAE) y (OS-NAT), la aceptación fue del 5.32 y 5.2 para el día 0, disminuyendo para el día 8 y obteniendo valores de 3 y 4.13 respectivamente. La aplicación del recubrimiento modifica la apariencia de la fresa y hace que se vea más roja, sin embargo, al octavo día de almacenamiento, se observa una notable pérdida de peso en las fresas, disminuyendo su tamaño y ocasionando que el recubrimiento comestible que se le aplicó se fracture y se observe una capa delgada de color blanquecino sobre la superficie de la fresa, dando una apariencia desagradable para el consumidor.

Tabla 16. Evaluación sensorial de color, aroma, textura, sabor, apariencia y preferencia general de fresas variedad “Camino Real”, en función del tiempo de almacenamiento (0 y 8 días) a 4 ° C y 80% HR, con escala hedónica de siete puntos.

(C)		
DÍA	0	8
Color	5.48 ± 1.19	4.69 ± 1.42
Aroma	5.72 ± 1.3	5.26 ± 1.28
Textura	6.08 ± 1.07	4.82 ± 1.49
Sabor	6.12 ± 0.97	5.39 ± 1.19
Apariencia	5.96 ± 0.88	4.39 ± 1.46
Preferencia general	6.08 ± 0.96	5.37 ± 1.25
(OS-LAE)		
Color	5.32 ± 1.46	3 ± 1.83
Aroma	5.44 ± 1.32	5.13 ± 1.21
Textura	5.6 ± 1.11	4.21 ± 1.8
Sabor	5.44 ± 1.5	5.13 ± 1.45
Apariencia	5.12 ± 1.61	3.04 ± 1.55
Preferencia general	5.34 ± 1.05	4.97 ± 1.35
(OS-NAT)		
Color	5.2 ± 1.44	4.13 ± 1.35
Aroma	5.6 ± 1.41	5.08 ± 0.9
Textura	5.52 ± 1.44	4.73 ± 1.76
Sabor	5.72 ± 1.4	5.04 ± 1.39
Apariencia	5.16 ± 1.31	3.69 ± 1.74
Preferencia general	5.44 ± 1.133	5.01 ± 1.25

Para el aroma, se tiene una mayor aceptación en las muestras (C) al día 0 de 5.72 y al día 8 de 5.26, en las muestras (OS-LAE) de un 5.44 y al día 8 con un 5.13 y en la muestra (OS-NAT) al día 0 de 5.6 y al día 8 con un 5.08. Observándose que la muestra (C) tiene mayor aceptación en el aroma, en comparación con las muestras recubiertas al día 0, sin embargo para el día 8 de almacenamiento se observa que las tres muestras presentan una la disminución similar en la aceptación del aroma dando a conocer que el recubrimiento no cambia el aroma característico de las fresas.

Para la textura, se observa mayor aceptación en la muestra (C) al día 0 de 6.08 y al día 8 de 4.82, en la muestra (OS-LAE) de un 5.6 y al día 8 con un 4.21 y en la muestra (OS-NAT) al día 0 con un 5.52 y al día 8 con un 4.73. Obteniéndose mayor aceptación en la muestra (C) en comparación con las muestras recubiertas al día 0, sin embargo al octavo día las muestras (C) y (OS-NAT) presentaron una menor disminución de la aceptación de textura de 1.26 y 0.79 respectivamente en comparación con la muestra (OS-LAE) con una disminución de 1.39. El sabor es un factor importante en la aceptación de fruto para el consumidor y se observa que la mayor aceptación que se tiene en la muestra (C) al día 0 del 6.12 y al día 8 con un 5.39, en la muestra (OS-LAE) de 5.44 y al día 8 con 5.13 y en la muestra (OS-NAT) al día 0 con una aceptación de 5.72 y al día 8 de 5.04.

Vargas *et al.*, (2006), reportaron la aplicación de un recubrimiento comestible en fresas a base de quitosano con diferentes concentraciones de ácido oleico (1, 2 y 4), realizando una evaluación sensorial después de 24 h de aplicar el recubrimiento en sesiones posteriores con ayuda de 16 panelistas y utilizando una escala hedónica de siete puntos, evaluando parámetros sensoriales de aroma, brillo, rugosidad de la superficie, acidez, astringencia y preferencia general. El aroma y sabor de las fresas recubiertas se consideraron menos intensos que los de las muestras sin recubrimiento. Del mismo modo, los panelistas detectaron un atípico aroma aceitoso en muestras recubiertas con la formulación más alta en contenido de ácido oleico (4 %), y en general los panelistas prefirieron las fresas sin recubrimiento. En cuanto a las muestras con (OS-LAE) y (OS-NAT), el aroma y sabor permanecieron sin cambios para los panelistas dando a conocer que el recubrimiento no modifica estos parámetros sensoriales. Sin embargo estos no fueron los únicos parámetros evaluados y en la preferencia general la aceptación fue mayor en la muestra (C).

10. CONCLUSIONES

Se observó un efecto inhibitorio de *Botrytis cinerea* incluso hasta la finalización del tiempo de almacenamiento de 12 días a 4°C y 80% HR, usando los antimicrobianos naturales LAE (3.57 mg/mL suspensión filmogénica) ó natamicina (0.499 mg/mL suspensión filmogénica) que al ser incorporados como parte del recubrimiento comestible activo de las fresas, contenían 236 µg LAE/g fresa ó 27.7 µg NAT/g fresa,

La aplicación del recubrimiento comestible activo en fresas almacenadas mantuvo esencialmente la calidad fisicoquímica de la fresas almacenadas e incluso en algunos casos fue capaz de mejorarlas.

El recubrimiento mostró un ligero desprendimiento debido a la pérdida de humedad a partir de los 8 días de almacenamiento, provocando disminución en su aceptación sensorial de la muestra (OS-LAE) y en la medición de color.

En el perfil de textura se observó aumento de la resiliencia en la muestra (OS-NAT). Y los parámetros de cohesividad y elasticidad permanecieron constantes al término del experimento.

La aceptación sensorial de las fresas control a los 8 días de almacenamiento no mostró diferencias significativas, cuando se comparó con las fresas recubiertas con NAT. Sin embargo, las fresas recubiertas con LAE tuvieron menor aceptación.

11.- PERSPECTIVAS

Evitar un menor tiempo de exposición de las fresas a las lluvias debido a que este modificó el tiempo de almacenamiento de las fresas almacenadas en la cámara de humedad, por lo tanto es muy importante tomarlo en cuenta.

En el presente trabajo la aplicación del recubrimiento comestible fue por inmersión, sin embargo en la evaluación sensorial se observó que la pérdida de humedad en las fresas provoca que el recubrimiento se desprege, debido a esto puede considerarse la aplicación del recubrimiento comestible utilizando otros métodos: aspersión, barnizado.

En la evaluación sensorial el sabor de la muestra (OS-LAE), al día posterior de aplicar el recubrimiento presentó un sabor amargo, esto fue provocado por el antimicrobiano. Por lo tanto se debe considerarse ocupar una menor concentración de antimicrobiano en la suspensión filmogénica.

12. BIBLIOGRAFÍA.

Ali, A., Abrar, M., Sultan, M. T., Din, A., Niaz, B. 2011. Journal of Animal and Plant Sciences. Vol. 21: 38-41.

American Public Health Association. 1984. Compendium of Methods for the Microbiological examination of foods. Segunda Edición.

Andersen, Oyvind M., Fossen, Torgils., Turskangerpoll, Fossen Arve., Hauge Unni. 2004. Anthocyanin from strawberry (*Fragaria ananassa*) with the novel aglycone, 5-carboxypiranopelargonidin. Phytochemistry. Vol. 65: 405-410.

Anzaldúa-Morales, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en I teoría y la práctica. Acribia, Zaragoza. Cap IV: p. 67-117.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th edition. Vol. I. Horowitz, W. (Ed.) Método 942.15. Association of Official Analytical Chemists, Washington, EUA.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th edition. Vo. I. Horowitz, W. (Ed.) Método 981.12. Association of Official Analytical Chemists, Washington, EUA.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th edition. Vol. I. Horowitz, W. (Ed.) Método 932.14. Association of Official Analytical Chemists, Washington, EUA.

AOAC, 2000. Official Methods of Analysis. 15th edition. Vol. I. Horowitz, W. (Ed.) Método 967.21. Association of Official Analytical Chemists, Washington, EUA.

Arredondo-Ochoa, T. 2012. Diseño de empaques comestibles activos a base de almidón modificado para su posible aplicación en alimentos en fresco. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro.

- Bourne, M.C., 1966. A classification of objective methods for measuring texture and consistency of foods. *Food Texture Measuring Methods*. New York State Agricultural Experiment Station Journal. Paper No. 1482. p. 1011-1015.
- Bourne, M.C. 2007. Sensory methods of texture and viscosity measurement. En: *Food Texture and Viscosity*. Bourne, M.C. (Ed). Academic Press, New York, EUA, p. 258.
- Bhattiprolu, S. 2004. Color, texture and rehydration characteristics of ohmically treated sweet potatoes. A Thesis Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- Brody, A.L., Strupinsky, E.R. y Kline, L.R. 2001. *Active Packaging for Food Applications*. CRC Press, Lancaster, Pennsylvania. p. 131-194.
- Cordenunsi, B.R., Oliveira D.N., Genovese, M.I., Lajolo, F.M., 2002. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 50: 2581-2586.
- Cordenunsi, B.R., Genovese, M.I., Oliveira, N., Aymoto H., N.M., José, S.R., Lajolo, M.F. 2005. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chemistry*. Vol. 91: 113- 121.
- Costell, E., Fiszman, S. M., Durán, L. 1997. Propiedades Físicas I. Reología de sólidos y textura. En: *Temas de Tecnología de Alimentos*. Editado por José Miguel Aguilera. CYTED. IPN. México. p. 242 – 243.
- Dhall, R.K. 2013. Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: A Review en *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 53: 435-450.

Delves-Broughton, J., Thomas, L.V., Doan, C.H., Davidson, P.M. 2005. Natamycin. En: Davidson, M.P., Sofos, J.N. y Branen, A.L. Antimicrobials in Food. 3rd Ed. CRC, Taylor & Francis. p. 275-303.

DeEll, J.R. 2006. Postharvest handling of strawberries. Berry Bulletin for June 16, 2006 Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Ontario.

<http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/hort/news/hortmatt/2006/13hrt06a4.html>.

Fecha de consulta: Mayo 28 de 2014.

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

DOF, 2012. Acuerdo por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias. Diario Oficial de la Federación. México, D.F. 16/07/2012. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5259470&fecha=16/07/2012.

Duan, J., Wu, R., Strik, B.C., Zhao, Y., 2011. Effects of edible coatings on the quality of fresh blueberries (*Duke and Elliott*) under commercial storage conditions. Postharvest. Biology and Technology. Vol. 59:71–79.

Fan, Y., Xu, Y., Wang*, D., Zhang, L., Sun, J., Sun, L., Zhang, B. 2009. Effect of alginate coating combined with yeast antagonist on strawberry (*Fragaria ananassa*) preservation quality. Postharvest Biology and Technology. Vol. 53: 84-90.

Francys, F. J., 1987. Lesser-know food colorants. Food Technology. Vol. 41: 62–69.

- Gómez Pajuelo, 2002. La Cera de Abeja, Control y Factores de Calidad. Asociación de Apicultores. Alimentaria, enero-julio.
- Giese, J. 2000. Color measurement in foods as a quality parameter. Food Technology. Vol. 54: 62-63.
- Guilbert, S., Gontard, N., Cuq, B. 1995. Technology and applications of edible protective films. Packaging Technology and Science. Vol. 8: 339-346.
- Hagenmaier, R.D., Baker, R.A. 1994. Wax microemulsions and emulsions as citrus coatings. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol. 42: 899-902.
- Hannum, S. 2004. Potential impact of strawberries on human health: A review of the science. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. p. 44:1-17.
- Hernández-Hernández, E., Regalado, C., Vázquez-Landaverde, P., Guerrero-Legarreta, I., García-Almendárez, B.E. 2014. Microencapsulation, chemical characterization, and antimicrobial activity of Mexican (*Lippia graveolens* H.B.K.) and European (*Origanum vulgare* L.) oregano essential oils. The Scientific World Journal. Vol. 20:14.
- Hubert, D. J. 1984. Strawberry fruit softening: the potential roles of polyuronides and hemicelluloses. Journal of Food Science. Vol. 49: 1310–1315.
- Janjarasskul, T., Krochta J.M. 2010. Edible packaging materials. The Annual Review of Food Science and Technology. Vol. 1: 415–448.
- Kader, A. A. 1991. Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. En: Dale, A., Luby, J.J. (Eds.). The Strawberry into the 21st Century. Timber Press, Portland, Oregon, USA. p. 145-152.

- Kalt, W., Prange, R.K. y Lidster, P.D. 1993. Postharvest color development of strawberries: Influence of Maturity, Temperature and Light. *Canadian Journal of Plant Science*. Vol. 73: 541-548.
- Kester, J.J., Fennema, O.R. 1986. Edible films and coatings: a review. *Food Technology*. Vol. 40: 47-59.
- Koh, T.H., Melton, L.D. 2004. Ripening-related changes in cell wall polysaccharides of strawberry cortical and pith tissues. *Postharvest Biology and Technology*. Vol.26: 23-33.
- Krochta, J.M., De Mulder-Johnston, C. 1997. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology*. Vol. 51: 61-74.
- Laleh, G.H., Frydoonfar, H., Heidary, R., Jameei, R., Zare, S. 2006. The effect of light, temperature, pH and species on stability of anthocyanin pigments in four Berberies species. *Pakistan Journal of Nutrition*. Vol. 5: 90-92.
- Lin, D., Zhao, Y. 2007. Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Vol. 6: 60-71.
- López-Mata, M.A., Ruiz-Cruz, S., Navarro-Preciado, C., Ornelas-Paz, J.J., Estrada-Alvarado, M.I., Gassos-Ortega, L.E., Rodrigo-García, J. 2012. Efecto de recubrimientos comestibles de quitosano en la reducción microbiana y conservación de la calidad de fresas. *Revista Biotecnia*. Vol. 1: 33-43.
- Lee, S., Kader, A.A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 20: 207-220.

- Maftoonazad, N., Ramaswamy, H.S. 2005. Postharvest shelf-life extensions of avocados using methyl cellulose- based coating. *LWT-Food Science and Technology*. Vol. 38: 617-624.
- Maftoonazad, N., Ramaswamy, H.S., Marcotte, M., 2008. Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. *International Journal of Food Science Technology*. Vol.43: 951–957.
- Maniken, K. K., Söderling, E. 1980. A quantitative study of mannitol, sorbitol, xylitol, and xylose in wild berries and commercial fruits. *Journal of Food Science*. Vol. 45: 367 – 371.
- Martin-Belloso, O., Rojas-Graü, M.A. y Oms-Oliu, G. 2006. Calidad de frutas frescas cortadas y películas comestibles. Universidad de Lleida, España.
- Mitcham, E.J., Crisosto, C.H., Kader, A. A. 1998. Strawberry recommendations for maintaining postharvest quality. *Strawberry Produce Facts*: <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/Strawberry.html>.
- Mitcham, E.J., Crisosto, C.H., Kader, A.A. 2013. Fresa (frutilla): Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Postharvest Technology Center. UC Davis, EUA. [http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Fresa_Frutilla/fecha de consula](http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Fresa_Frutilla/fecha_de_consulta) 28/11/2013.
- Mondino, M.C., Ferratto, J. 2003. El análisis sensorial, una herramienta para la evaluación de la calidad desde el consumidor. *Revista agromensajes*. Cátedra de Horticultura. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Rosario.
- Montero, T. M., Mollá, E. M., Esteban, R. M., López-Andreu, F. J. 1996. Quality attributes of strawberry during ripening. *Scientia Horticulturae*. Vol. 65: 239-250.

- Navarro-Tarazaga, M. L., M. A. del Río, M. John, J. M. Krochta, and M. B. Pérez-Gago. 2008. Fatty acid effect on hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible film properties and postharvest quality of coated 'Ortanique' mandarins. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. Vol. 56: 10689-10696.
- Neeta, B., Gol, Pooja R., Patel, T.V., Ramana R.. 2013. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. *Postharvest Biology and Technology*. Vol. 85:185-195.
- Nogata, Y., Ohta, H., Voragen, A.G.V. 1993. Polygalacturonase in strawberry fruit. *Phytochemistry*. Vol. 34: 617–620.
- Nunes, M.C.N., Brecht, J. K. Morais, A.M.M.B., Sargent, S.A. 1998. Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling. *Journal of Food Science*. Vol.63: 1033-1036.
- Olivas, G.I., Barbosa-Cánovas, G. 2009. Edible films and coatings for fruit and vegetables. En: Milda E. Embuscado y Kerry C. Huber (Ed.). *Edible films and coatings for food applications*. Springer, New York. p. 211-244.
- Perkins-Veazie, P. 1991. Clues in the mystery of strawberry fruit ripening. In the *Strawberry into the 21st Century*. Proceedings of the Third North American Strawberry Conference. Edited by Adam Dale and James J. Luby. Timber Press Inc., Portland Oregon, U.S.A. p. 172-173
- Pérez, B., Baéz, R. 2003. Utilización de ceras comestibles en la conservación de frutas. *Alimentaria*, julio-agosto.
- Perez-Magarino, S., Gonzalez-Sanjose, M.I. 2003. Application of absorbance values used in wineries for estimating CIELAB parameters in red wines. *Journal Food Chemistry*. Vol. 81: 301-306.

- Prussia, S.E., Shewfelt, R.L. 1993. Systems approach to postharvest handling. In: Shewfelt, R.L.; Prussia, S.E. (Eds) Postharvest Handling: A System Approach. Academic Press, San Diego. p. 43-71.
- Quian, M., Finn, C., Schroeder, J.M. 2005. Objective flavor comparison of Oregon strawberries and those from other climatic condition. Progress report FY 2004-2005, Oregon Strawberry Commission. Documento pdf. www.oregon-strawberries.org/sx7/Qian-Objective-Flavor-Comparison-ofOregonStrawberries.pdf.
- Quezada-Gallo, J.A. 2009. Delivery of food additives and antimicrobials using edible films and coatings. En: Milda E. Embuscado y Kerry C. Huber (Ed.). Edible films and coatings for food applications. Springer, New York. p. 315-334.
- Rhim, J.W., y Ng, P.K.W. 2010. Películas de nanocompuestos de biopolímeros naturales para aplicaciones en empaque. *Critical Reviews in Food Science Nutrition*. p. 56-70.
- Rojas-Graü, M.A. 2006. Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada. Una nueva estrategia de conservación. Tesis Doctoral. Universidad de Lleida. España.
- Shamaila, M., T.E., Baumann, G.W., Eaton, W.D., Powriem., Skura, B.J. 1992. Quality attributes of strawberry cultivars grown in British Columbia. *J. Food Sci.* Vol. 57: 695-699.
- SIAP, 2013. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA, México. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350 fecha de consulta 28/11/2013.

- Spayd, S.E., Morris, J.R. 1981. Physical and chemical characteristics of pure from once-over harvested strawberries. *Journal of the American Society of Horticultural Science*. Vol.106: 101–105.
- Suppakul, P., Miltz, J., Sonneveld, K., Bigger, S.W. 2003. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. *Journal of Food Science*. Vol. 68: 408-420.
- Szczesniak, A. 1963. Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science*. Vol. 28: 385-389.
- Szczesniak, A.S., Smith, B.J. 1969. Observations on strawberry texture, a three-pronged approach. *Journal of Texture Studies*. Vol. 1: 65-89.
- Szczesniak, A.S. 1973. Instrumental methods of textural measurements. In: *Texture Measurements of Foods*. Kramer A., and A.S. Szczesniak (Eds.). Reidel Pub. USA. p. 71-104.
- Tharanathan, R.N. 2003. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science and Technology*. 14: 71-78.
- Thompson, A. K. 1996. Harvest maturity and methods. Capitulo 2 y postharvest treatments (Capitulo 4). En: *Postharvest Technology of Fruits and Vegetables*. Blackwell Science. Valencia, España. p. 35-37, 95.
- Türe, H., Eroglu, E., Soyer, F., Ozen, B. (2009b). Antifungal activity of biopolymers containing natamycin and rosemary extract against *Aspergillus niger* and *Penicillium roqueforti*. *International Journal of Food Science in Technology*. Vol. 43: 2026–2032.

- Vargas, M., Gillabert, M., González-Martínez, C., Albors, A., Chiralt, A. 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*. Vol. 41: 164-171.
- Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, J.D., González-Martínez. 2008. Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 48: 496 - 511.
- Vedeqsa, 2009. LAE New active preservative. Technical leaflet. Grupo LAMIRSA. Barcelona, España.
- Velickova, E., Tylewicz, U., Dalla Rosa, M., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., Gomez Galindo, F. 2011. Effect of vacuum infused cryoprotectants on the freezing tolerance of strawberry tissues. *LWT-Food Science and Technology*. Vol. 52: 146–150.
- Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., D. Alves, V., Moldão-Martins, M. 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT-Food Science and Technology*. Vol. 52: 80-92.
- Wright, K. P., Kader, A.A. 1997. Effect of slicing and controlled atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. *Postharvest Biology and Technology*. Vol. 10: 39-48.
- Yang, Z., Zheng, Y., Cao, S., Li, N. 2007. Effects of storage temperature on textural properties of Chinese bayberry fruit. *Journal of Texture Studies* Vol. 38: 166–177.
- Youngjae, S., H.L. Rui, F.N. Jacqueline, H. Darryl and Christopher. 2007. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics

and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry. *Technology*.
Vol. 45: 349-357.

13. ANEXOS

Tabla utilizada en la evaluación sensorial.

Muestra:	Nombre:	Fecha:	Edad:			
Pruebe por favor la muestra e indique su nivel de agrado marcando el punto en la escala que mejor describa su aceptación para cada uno de sus atributos.						
CARACTERISTICAS	COLOR	AROMA	TEXTURA	SABOR	APARIENCIA	PREFERENCI A GENERAL
Me gusta mucho						
Me gusta moderadamente						
Me gusta poco						
No me gusta ni me disgusta						
Me disgusta poco						
Me disgusta moderadamente						
Me disgusta mucho						

Pérdida de peso (%) de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios \pm desviación estándar (Primer experimento).

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	0 a	0 a	0 a
4	10.8 \pm 1.5 ab	0.97 \pm 2.4 ab	7.90 \pm 0.2 ab
8	28.2 \pm 0.8 b	22.2 \pm 0.2 b	19.0 \pm 1.2 ab
12	23.4 \pm 1.9 b	20.4 \pm 1.3 ab	26.5 \pm 1.5 b
16	34.6 \pm 0.7 b	19.9 \pm 1.1 ab	21.1 \pm 0.9 ab

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Pérdida de peso (%) de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar (Segundo experimento).

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	0 a	0 a	0 a
4	9.7 ± 0.42 b	5.5 ± 0.86 ab	6.37 ± 0.56 ab
8	13.31 ± 0.61 b	15.72 ± 0.51 abc	14.56 ± 0.38 c
12	23.8 ± 0.61 bc	22.28 ± 1.33 c	13.06 ± 0.36 bc
16	21.75 ± 0.4 c	20.44 ± 1.25 bc	20.28 ± 0.61 c

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes (p<0.05).

Pérdida de peso (%) de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar (Tercer experimento).

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	0 a	0 a	0 a
4	10.29 ± 0.68 ab	3.05 ± 0.43 a	6.95 ± 0.39 abc
8	11.72 ± 0.19 abc	3.24 ± 1 a	2.5 ± 1.62 ab
12	24.77 ± 0.99 c	11.5 ± 0.74 ab	15.78 ± 0.24 bc
16	20.94 ± 1.38 bc	18.32 ± 0.91 b	18.1 ± 0.95 c

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes (p<0.05).

Concentración de ácido cítrico de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar (Primer experimento).

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	0.67 ± 0.03 c	0.74 ± 0.02 d	0.73 ± 0.02 c
4	0.80 ± 0.02 b	0.72 ± 0.01 d	0.88 ± 0.05 ab
8	0.90 ± 0.04 ab	0.8 ± 0.03 c	0.79 ± 0.01 bc
12	0.85 ± 0.06 ab	1.01 ± 0.02 a	0.85 ± 0.01 ab
16	0.93 ± 0.03 a	0.86 ± 0.01 b	0.90 ± 0.04 a

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes (p<0.05).

Concentración de ácido cítrico de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar (Segundo experimento).

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	0.78 ± 0 b	0.78 ± 0 c	0.81 ± 0.04 bc
4	0.78 ± 0.01 b	0.83 ± 0.01 b	0.78 ± 0.01 c
8	0.78 ± 0.01 b	0.84 ± 0 b	0.78 ± 0.01 c
12	0.88 ± 0.01 a	0.83 ± 0.01 b	0.92 ± 0.01 a
16	0.9 ± 0.02 a	0.93 ± 0.02 a	0.85 ± 0.02 ab

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes (p<0.05).

Concentración de ácido cítrico de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar (Tercer experimento).

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	0.87 ± 0.01 d	0.91 ± 0.07 bc	0.88 ± 0.01 e
4	0.99 ± 0.02 b	0.92 ± 0.01 bc	1.03 ± 0 b
8	0.93 ± 0.01 c	1.01 ± 0.02 ab	0.99 ± 0.01 c
12	1.08 ± 0.01 a	1.05 ± 0.01 a	0.96 ± 0 d
16	1.08 ± 0.01 a	0.88 ± 0.01 c	1.05 ± 0.01 a

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes (p<0.05).

pH de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar (Primer experimento).

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	4.49 ± 0.01 a	4.5 ± 0.005 a	4.44 ± 0.01 a
4	4.39 ± 0.01 b	4.47 ± 0.005 a	4.37 ± 0.01 b
8	4.38 ± 0.01 b	4.37 ± 0.02 b	4.4 ± 0.01 ab
12	4.42 ± 0.02 b	4.33 ± 0.005 c	4.4 ± 0.01 ab
16	4.4 ± 0.02 b	4.36 ± 0.01 bc	4.39 ± 0.01 b

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes (p<0.05).

pH de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar (Segundo experimento).

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	4.39 ± 0.01 c	4.52 ± 0.01 a	4.5 ± 0.01 b
4	4.54 ± 0 a	4.51 ± 0.01 a	4.54 ± 0.01 a
8	4.54 ± 0 a	4.51 ± 0.01 a	4.54 ± 0.01 a
12	4.48 ± 0.03 b	4.48 ± 0.02 a	4.49 ± 0.01 b
16	4.52 ± 0 ab	4.53 ± 0.03 a	4.48 ± 0.01 b

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes (p<0.05).

pH de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar (Tercer experimento).

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	4.32 ± 0.01 d	4.37 ± 0.01 b	4.34 ± 0.01 bc
4	4.37 ± 0 bc	4.36 ± 0.01 b	4.33 ± 0 c
8	4.38 ± 0 b	4.4 ± 0.04 ab	4.4 ± 0.01 a
12	4.41 ± 0 a	4.41 ± 0 ab	4.41 ± 0 a
16	4.36 ± 0 c	4.45 ± 0.01 a	4.36 ± 0 b

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes (p<0.05).

Valores de SS (°Brix) de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar (Primer experimento).

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	8.4 ± 0.2 d	8.8 ± 0.1 c	8.8 ± 0.1 d
4	9.1 ± 0.3 c	9.7 ± 0.05 b	10.5 ± 0.5 b
8	9.8 ± 0.1 b	9.7 ± 0.1 b	10.5 ± 0.51 b
12	10.9 ± 0.05 a	9.7 ± 0.15 b	10.5 ± 0.05 b
16	10.7 ± 0.1 a	9.76 ± 0.1 b	11.2 ± 0.1 a

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes (p<0.05).

Valores de SS (°Brix) de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar (Segundo experimento).

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	10.4 ± 0.1 c	9.03 ± 0.11 d	9 ± 0.1 c
4	10 ± 0.05 c	10.16 ± 0.05 c	10.6 ± 0.34 b
8	11 ± 0.15 b	12 ± 0.17 b	12.13 ± 0.49 a
12	12.5 ± 0.45 a	11.7 ± 0.05 b	12.26 ± 0.05 a
16	13 ± 0.28 a	13 ± 0.1 a	12 ± 0.05 a

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes (p<0.05).

Valores de SS (°Brix) de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar (Tercer experimento).

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	10.3 ± 0.2 d	11.7 ± 0 a	11.26 ± 0.2 a
4	11.3 ± 0.1 c	11.3 ± 0.2 b	11.13 ± 0.05 a
8	11.36 ± 0.05 bc	11.8 ± 0.05 a	11.8 ± 0 b
12	11.73 ± 0.05 a	11.8 ± 0 a	11.16 ± 0.05 a
16	11.63 ± 0.05 ab	11.6 ± 0.05 a	11.83 ± 0.05 b

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes (p<0.05).

Firmeza

Se realizó la medición de firmeza por triplicado (lotes de fresas de tres cosechas) con el equipo texturómetro (texture analyser, Lloyd Instruments, modelo: TA plus). En este experimento también se obtuvieron valores de cohesividad, elasticidad, gomosidad y resiliencia que se obtuvieron de la segunda compresión que realizó la sonda sobre la fresa. El valor de firmeza se obtuvo con la primera compresión que aplicó la sonda a la fresa, que es el primer pico que se encuentra en la gráfica que arroja el equipo al término de realizar las dos compresiones. Posteriormente se

tomaron los tres datos de firmeza y se realizó un promedio para obtener un solo valor. A los datos obtenidos se sacó el promedio \pm desviación estándar y para determinar diferencias entre los promedios, se efectuó la prueba de Tukey, con un nivel de significancia ($P < 0.05$).

Valores de firmeza obtenidos por triplicado de fresas almacenadas a 4°C y 80 %HR.

TRIPLICADO			
DÍA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	37.345	47.7	38.37
0	49.81	32.45	44.93
0	36.265	50.565	25.03
4	46.58	50.655	44.39
4	39.425	59.28	35.22
4	65.265	47.13	48.445
8	33.76	31.47	29
8	37.2	37.865	39.695
8	38.755	33.885	30.74
12	56.56	47.06	37.82
12	50.995	30.72	35.515
12	30.635	34.35	39.195
16	49.97	44.455	41.82
16	45.985	30.765	60.655
16	38.905	42.525	39.545

Cohesividad

Los valores de cohesividad se obtienen de la relación entre el Área 2/Área 1, posteriormente se realizaron dos compresiones a las fresas. Se tomaron los tres datos de cohesividad y se realizó un promedio para obtener un solo valor. A los datos obtenidos se sacó el promedio \pm desviación estándar y para determinar diferencias entre los promedios, se efectuó la prueba de Tukey, con un nivel de significancia ($p < 0.05$).

Valores de cohesividad obtenidos por triplicado de fresas almacenadas a 4°C y 80 %HR.

TRIPLICADO			
DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	0.16	0.18	0.19
0	0.175	0.16	0.2
0	0.17	0.185	0.19
4	0.475	0.17	0.215
4	0.22	0.19	0.23
4	0.185	0.205	0.2
8	0.185	0.215	0.23
8	0.18	0.205	0.195
8	0.195	0.205	0.185
12	0.19	0.175	0.19
12	0.22	0.185	0.2
12	0.16	0.195	0.21
16	0.255	0.175	0.19
16	0.21	0.205	0.215
16	0.235	0.2	0.255

Elasticidad o resortividad (mm)

La elasticidad es la mediada de la relación entre la distancia final con respecto a la distancia inicial después del primer ciclo de compresión (Distancia 2/Distancia 1). Se realizaron dos compresiones a las fresas con la sonda y con los datos obtenidos se calculó la elasticidad. Posteriormente se tomó el triplicado de los datos y se realizó el promedio obtener un solo valor. A los datos obtenidos se saco el promedio \pm desviación estándar y para determinar diferencias entre los promedios, se efectuó la prueba de Tukey, con un nivel de significancia ($p < 0.05$).

Valores de elasticidad obtenidos por triplicado de fresas almacenadas a 4°C y 80 %HR.

TRIPLICADO			
DÍAS	(C) (mm)	(OS-LAE)(mm)	(OS-NAT)(mm)
0	1.01	1.055	1.26
0	1.03	1.3	0.915
0	1.185	1.18	1.555
4	1.38	1.28	1.285
4	1.425	1.105	1.47
4	1.275	1.155	1.375
8	1.75	1.595	0.56
8	1.185	1.16	1.12
8	1.465	1.425	1.33
12	1.86	1.465	1.755
12	1.275	1.42	1.34
12	1.22	1.3	1.17
16	1.13	1.215	1.14
16	1.165	0.985	1.135
16	1.17	1.115	1.17

Resiliencia

La resiliencia refleja la capacidad de redefinición del tejido del fruto, después de la penetración y se define como la relación del área de la fuerza positiva con el área de la fuerza negativa durante la primera penetración (Área 5/Área 4). Se realizaron dos compresiones a las muestras y con los datos obtenidos se calculó la resiliencia. Posteriormente se tomó el triplicado y se realizó un promedio para obtener un solo valor. A los datos obtenidos se sacó el promedio \pm desviación estándar y para determinar diferencias entre los promedios, se efectuó la prueba de Tukey, con un nivel de significancia ($p < 0.05$).

Valores de resiliencia obtenidos por triplicado de fresas almacenadas a 4°C y 80 %HR.

TRIPLICADO			
DÍA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	1.01	1.055	1.26
0	1.03	1.3	0.915
0	1.185	1.18	1.555
4	1.38	1.28	1.285
4	1.425	1.105	1.47
4	1.275	1.155	1.375
8	1.75	1.595	0.56
8	1.185	1.16	1.12
8	1.465	1.425	1.33
12	1.86	1.465	1.755
12	1.275	1.42	1.34
12	1.22	1.3	1.17
16	1.13	1.215	1.14
16	1.165	0.985	1.135
16	1.17	1.115	1.17

Vitamina C (mg ácido. ascórbico/ 100 g de muestra) de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios \pm desviación estándar (Primer experimento).

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	87.1 \pm 3 a	94.1 \pm 3 a	74.6 \pm 0 a
4	51.5 \pm 3 b	69.3 \pm 0 b	71.1 \pm 3 a
8	51.5 \pm 3 b	62.2 \pm 3 c	55.1 \pm 3 b
12	45.1 \pm 2.7 c	57.6 \pm 2.69 d	46.66 \pm 0 c
16	43.6 \pm 2.7 c	50.6 \pm 1.34 e	45.1 \pm 2.69 c

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Vitamina C (mg ácido. ascórbico/ 100 g de muestra) de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar (Segundo experimento).

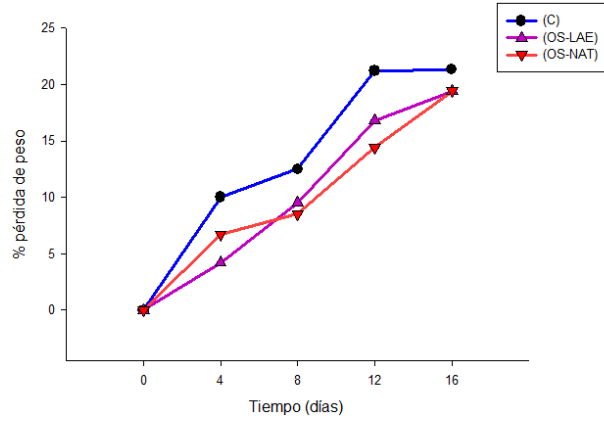
DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	53.33 ± 0 ab	53.33 ± 0 ab	49.77 ± 3.07 b
4	51.55 ± 3.07 ab	53.33 ± 0 ab	55.11 ± 3.07 ab
8	58.6 ± 0 a	58.66 ± 0 a	58.66 ± 5.33 a
12	54.44 ± 5.38 ab	56 ± 0 ab	56 ± 0 ab
16	50.66 ± 2.3 b	50.66 ± 6.11 b	50.66 ± 2.3 ab

*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes (p<0.05).

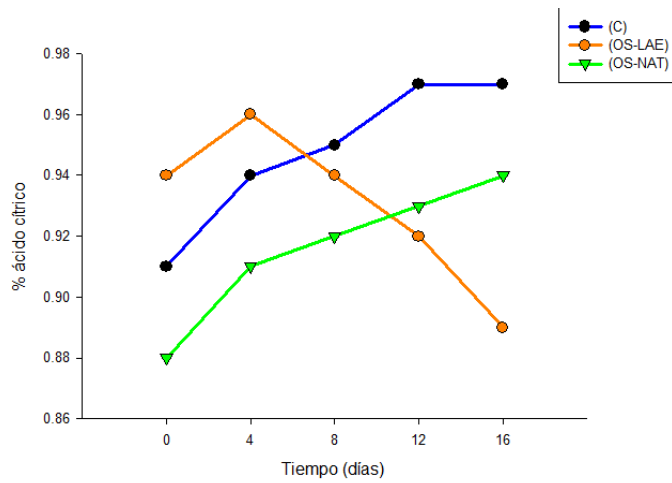
Vitamina C (mg ácido. ascórbico/ 100 g de muestra) de fresas variedad “Camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios ± desviación estándar (Tercer experimento).

DIA	(C)	(OS-LAE)	(OS-NAT)
0	67.55 ± 3.07 b	58.66 ± 5.33 b	64 ± 5.33 bc
4	85.33 ± 4.61 a	93.33 ± 4.61 b	96 ± 0 c
8	71.11 ± 7.61 b	71.11 ± 3.84 ab	55.55 ± 3.84 a
12	71.11 ± 3.84 b	71.11 ± 3.84 ab	57.77 ± 3.84 a
16	64 ± 3.46 b	62 ± 3.46 a	54 ± 0 b

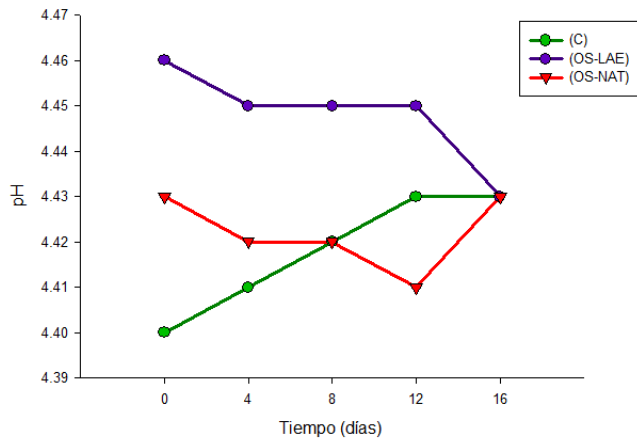
*Niveles que no están conectados por la misma letra son significativamente diferentes (p<0.05).



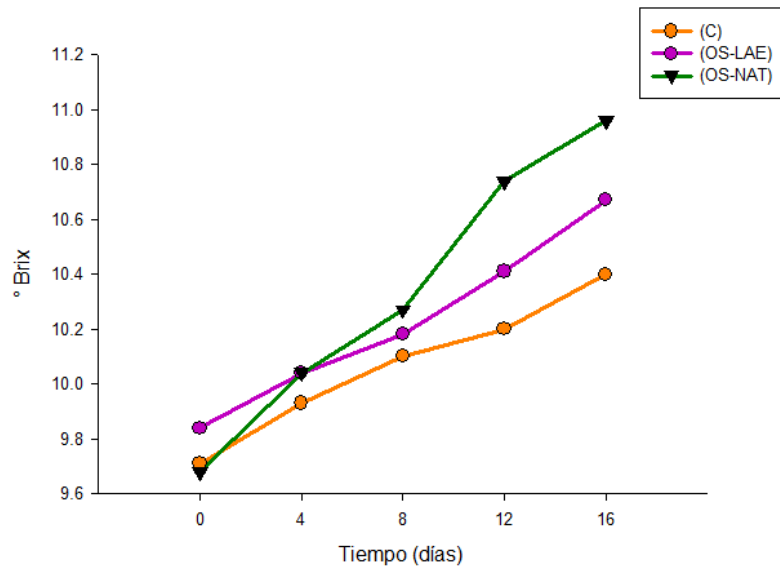
Pérdida de peso (%) de fresas variedad “Camino real”, por triplicado en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.



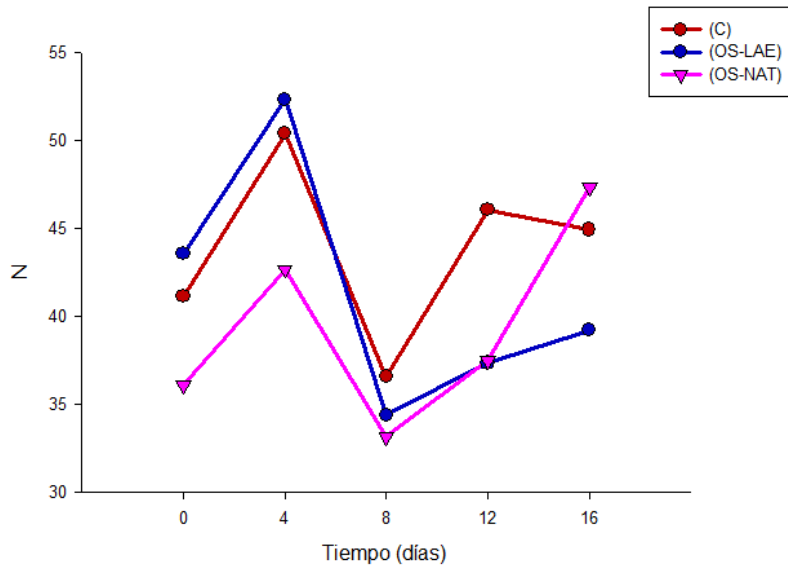
Concentración de ácido cítrico de fresas variedad “Camino real”, por triplicado en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR. Se muestran los promedios \pm desviación estándar.



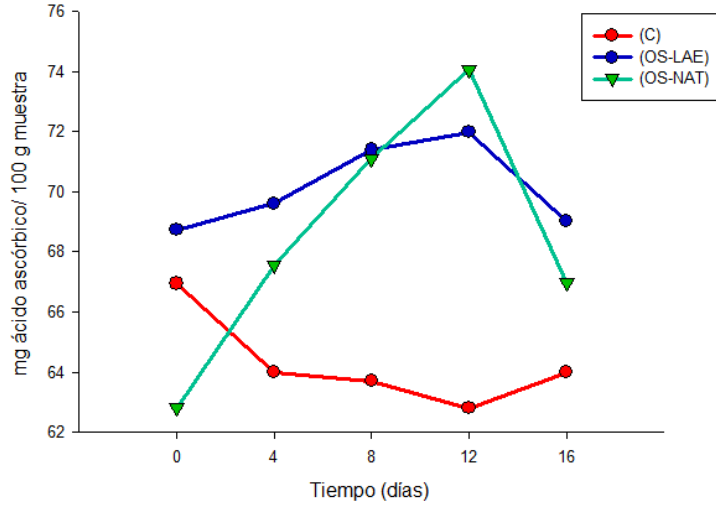
pH de fresas variedad “Camino real”, por triplicado en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.



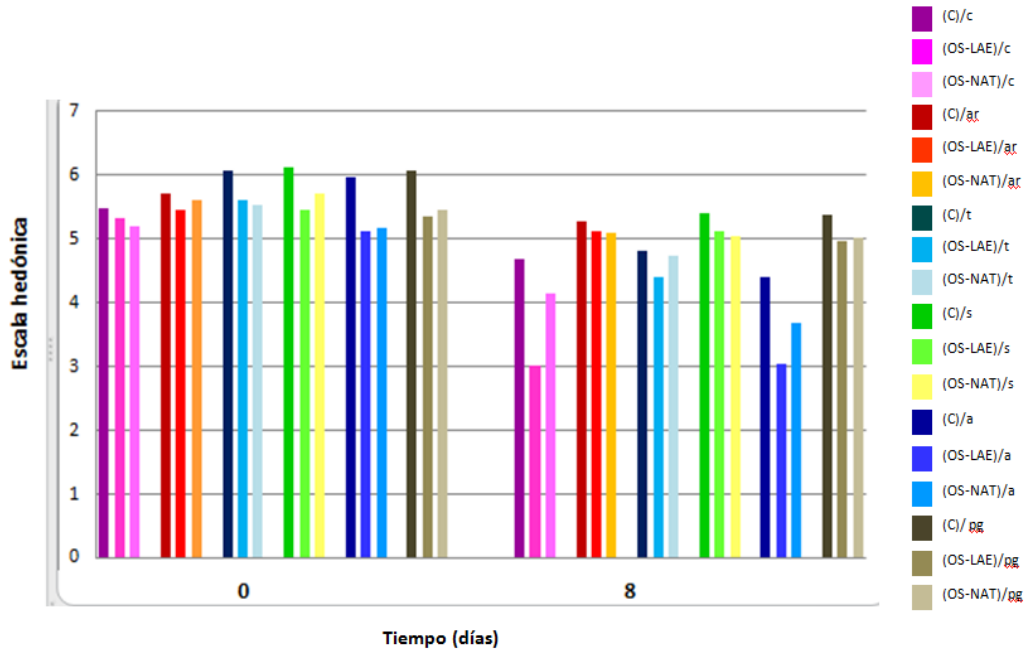
Valores de SS (°Brix) de fresas variedad “Camino real”, por triplicado en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.



Firmeza de fresas (N) variedad “Camino real”, por triplicado en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.



Vitamina C (mg ácido. ascórbico/100 g de muestra) de fresas variedad “Camino real”, por triplicado en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.



Evaluación sensorial de fresas variedad “camino real”, en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 80% HR.