

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**Evaluación de recubrimientos comestibles activos de cera de candelilla en la calidad de vida de anaquel de manzanas
(*Golden delicious*)**

Por:

EMILIO OCHOA REYES

Tesis

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Evaluación de recubrimientos comestibles activos de cera de candelilla en la calidad de vida de anaquel de manzanas (*Golden delicious*)

Presentado por:

EMILIO OCHOA REYES

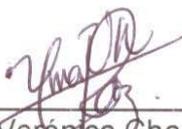
Tesis

Que se Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

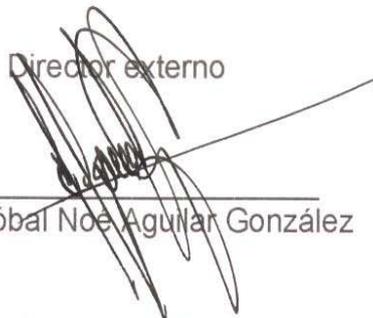
El presente trabajo ha sido dirigido por el siguiente comité:

Director interno



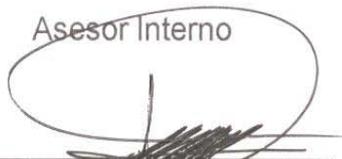
Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez

Director externo



Dr. Cristóbal Noé Aguilar González

Asesor Interno



Dr. Heliodoro de la Garza Toledo

Asesor externo



LCQ. Saúl Saucedo Pompa

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Evaluación de recubrimientos comestibles de cera de candelilla en
la calidad de vida de anaquel de manzanas (*Golden delicious*)

Presentado por:
EMILIO OCHOA REYES

Tesis

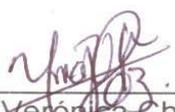
Que se Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito
Parcial Para Obtener el Titulo de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

En virtud de haber cumplido íntegramente los requisitos de la comisión de tesis
y monografías:

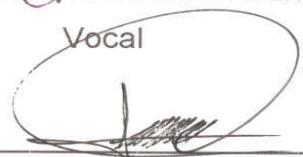
El presente trabajo ha sido evaluado y aprobado por el siguiente comité:

Presidente



Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez

Vocal



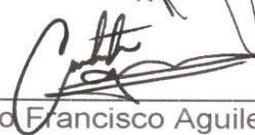
Dr. Heliodoro de la Garza Toledo

Vocal



Dr. Cristóbal Noé Aguilar González

Vocal suplente



M.C. Antonio Francisco Aguilera Carbó

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



Ing. José Rodolfo Peña Oranday

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Marzo de 2009

Universidad Autónoma Agraria
“ANTONIO NARRO”



COORDINACIÓN DE
CIENCIA ANIMAL

El presente trabajo forma parte de las actividades establecidas en el marco del Proyecto de Investigación: CONACYT-CONAFOR-2008-91633: *DISEÑO DE UN PROCESO DE ALTO RENDIMIENTO EN LA EXTRACCION DE CERA DE CANDELILLA DE ALTA CALIDAD Y FORMULACION DE PRODUCTOS DE USO FINAL A PARTIR DE LA CERA PREPARADA*, el cual se desarrolla como parte de la LGAC de Bioprocesos y Biología Molecular de Alimentos del Departamento de Investigación en Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila. El presente trabajo de investigación forma parte de un programa de cooperación entre la Universidad Autónoma de Coahuila y la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” encaminado a fortalecer los vínculos en materia de investigación.

*Ponerse en movimiento es importante,
pero lo más importante es mantener el entusiasmo inicial,
persistir y no rendirse a pesar de las dificultades.
Porque vamos a tener tropiezos. La clave no está en no caerse
sino en saber levantarse y continuar.*

Paulo Coelho

Agradecimientos

Fueron muchos los momentos claros y oscuros a lo largo de este camino, pero afortunadamente me puedo sentar a escribir la parte más emotiva y personal de este trabajo: los agradecimientos a todos aquellos quienes de una manera u otra me ayudaron a alcanzar esta meta.

En primer lugar, a mi “Alma Mater” por haberme dado algo tan valioso en la vida que fue la sabiduría, fueron tantos los momentos que viví en esta magnífica casa de estudios que me hicieron formarme tanto como persona y profesionalista que le estaré eternamente agradecido

Al Dr. Cr Cristóbal Noé Aguilar González por haberme dado la oportunidad de trabajar dentro de este grupo de investigación, gracias por tu ayuda a lo largo de este tiempo sobre todo, muchísimas gracias por haberme brindado tú magnífica asesoría, comprensión y ayuda para culminar el presente trabajo.

A la Dra. Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez por brindarme el apoyo que necesitaba y confiar en mí para el desarrollo de esta investigación, gracias por su amistad y su valiosa colaboración.

Al Dr. Heliodoro de la Garza Toledo, por su valiosa colaboración en la realización de esta investigación, por su disponibilidad, por sus llamadas de atención, por sus consejos y enseñanzas que me otorgo y sobre todo lo que para mí es lo más importante “Su Amistad” muchísimas gracias por todo padrino te tendré presente siempre.

Al LCQ. Saúl Saucedo Pompa, por su valiosa aportación en la realización y culminación de esta investigación, por su magnífica y acertada asesoría y por su disposición en todo momento.

Al M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla, por haber compartido sus conocimientos conmigo, pero sobre todo por su amistad brindada, gracias químico!!!

Al MC. Gerardo Sánchez, por ser más que un maestro, un amigo que me regaló parte de sus conocimientos y compartió buenos y malos momentos conmigo, gracias carna!!!

Al MP. Francisco Hernández Centeno Por haberme acogido cuando recién llegue a esta ciudad, por brindarme su asesoría como amigo y compañero de escuela, y ahora como maestro, gracias Paco.

Al MC. Juan Manuel Tirado Gallegos por brindarme su amistad, asesoría, regaños desde mi llegada a esta universidad, y por su aportación en el presente trabajo, gracias miña!!!!

Al Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos y todos mis maestros, (María, Xochitl, Lourdes, Antonio) y laboratoristas que durante mi estancia en la universidad contribuyeron a mi formación como ingeniero.

Ana Lilia Velázquez Luna Gracias por tu apoyo emocional y laboral que me brindaste durante todo el tiempo que compartimos, por todos los momentos tan lindo e inolvidables que me regalaste, te quiero mucho Anita...

Angélica Velázquez y Blanca Estela gracias por todo su apoyo chicas tanto emocional como laboral en este trabajo, les estaré eternamente agradecido por todo lo que han hecho por mí, muchas gracias

A mis compañeros de la generación VII de Ing. En Ciencia y Tecnología de Alimentos de la generación CIV de la UAAAN; Armando, José Juan, Romeo, Julio Cesar, Omar, Francisco Virgilio, Carolina, Lusvia, Alejandra Magali, Aricelda, Verónica, Jorge, Gerardo, Enrique, José Juan (Villada), Paula Lidia, Iris, Dodany, Guillermo, Guadalupe, Brenda, Hugo, Lisbeth, Beatriz, Adrian, Chuy

A mis amigos de la Narro y de la UAdeC: Miguel Briseño, Juan José Hernández, Azucena, Rosalío, Juan de Dios, Virgilio, Elvia, Valentina, Juana, Diana Ivon, Nacho, Irmin, Leandro, Marcos, Adolfo, Edgar, Favian, Male, Gaby, Melba, Joaquín, Oviedo, Luis, Daniel, Luis Arturo, Rosalinda, Perla, Mike, Luis Víctor, Erika, Abril, Chio, Mirna, Paola, Fabiola, Norma, Memo parras, Ara, Diego, y todos los que me falten incluidas mis amigas las mí, así como también a los integrantes de la Banda de Guerra, Vero gracias por estar conmigo en estos momentos.

A mis amigos que me están apoyando desde la estancia en la preparatoria, M.C. Manuel Hernández, gracias por el conocimiento que me brindó y su apoyo emocional, Lic. Víctor Alfonso, Víctor Osorio, Lisandro, Jesus Soto, Eloy, Cata, todos mis primos y a todos mis compañeros y amigos en generar

Dedicatorias

A Dios, por permitirme vivir para alcanzar un logro, por ser mi guía y estar conmigo en todo momento, en mis triunfos y fracasos, gracias de todo corazón por dejarme culminar con bien lo que algún día fuera un sueño.

Con todo amor, cariño y admiración, a mis padres:

Sra. Ma. Cruz Reyes León

Sr. J. Vitalino Ochoa Ledesma

A tan maravillosas personas les dedico este humilde trabajo, con todo cariño, amor y admiración por haberme dado la vida y por brindarme la confianza y el apoyo cuando decidí alejarme del manto familiar, para permitirme realizar este sueño que después de caídas y tropezones e culminado les estaré eternamente agradecido a mis queridos padres, los regaños y llamadas de atención pero sobre todo los tan valiosos consejos que me dieron que siempre fueron necesarias y oportunos para saber salir adelante en varias ocasiones, los amo!!!!

A mi(s) hermano (as). Mariano, Jaemy, Rosaura, Rocío Guadalupe, gracias por apoyarme en todo momento, por sus consejos y regaños y por tan inmensa confianza en mí.

A mis abuelos Amelia, Porfirio y Romana gracias por sus valiosos consejos.

Índice General

	Pág.
Resumen.....	XIII
1. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Hipótesis.....	4
1.4. Objetivos.....	5
2. Revisión bibliográfica.....	6
2.1. Propiedades de las cubiertas comestibles.....	8
2.2. Candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i> Zucc).....	10
2.3. Cera de candelilla.....	12
2.4. Actividad Antimicrobiana.....	17
2.5. Aceite De Jojoba.....	22
2.6. Alimentos Funcionales.....	22
2.7. La manzana.....	24
3. Materiales y métodos.....	44
4. Resultados y discusiones.....	60
5. Conclusiones.....	82
6. Perspectivas.....	84
7. Bibliografía.....	85

Índice de cuadros

	Pág.
1. Composición química de la cera de <i>Euphorbia antisyphilitica</i> Zucc.....	14
2. Propiedades fisicoquímicas de la cera de candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i> Zucc).....	14
3. Aplicaciones de la cera de candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i> Zucc)....	15
4. Componentes nutraceúticos de interés alimentario.....	20
5. Tasa de respiración de la manzana.....	27
6. Valor nutricional de la manzana.....	28
7. Producción de manzana por países (miles de toneladas).....	37
8. Superficie, producción y rendimiento de manzana en México (1996-2006).....	39
9. Superficie, producción de los principales estados productores de manzana.....	41
10. Diseño de los tratamientos.....	49
11. Diseño de los tratamientos.....	54
12. Puntos de fusión de cada una de las ceras extraídas con cada uno de los agentes extractores, antes y después de refinarlas.....	62
13. Pruebas de solubilidad en cada una de las ceras.....	63
14. Análisis de varianza realizado a los datos procedentes del peso.....	66
15. ANOVA de dos factores: Peso vs. Cubierta, Tiempo.....	67
16. Efecto de la cubierta comestible sobre el peso final de la manzana.....	67
17. Análisis de varianza realizado a los datos procedentes de SST.....	69
18. ANOVA de dos factores: SST vs. Cubierta, Tiempo.....	69
19. Efecto de la cubierta comestible sobre los SST de la manzana.....	70
20. Análisis de varianza realizado a los datos procedentes de la contaminación por hongos.....	78
21. ANOVA de dos factores: Contaminados vs. Cubierta, Hongo.....	78
22. Efecto de la cubierta comestible sobre los SST de la manzana.....	79

Índice de figuras

	Pág.
1. Fotografía de (<i>Euphorbia antisyphilitica</i> Zucc).....	11
2. Distribución geográfica de la <i>Euphorbia antisyphilitica</i> Zucc.....	12
3. Cera de candelilla en diferentes presentaciones.....	13
4. Estructura química del ácido elágico.....	21
5. Manzana (<i>Golden Delicious</i>).....	27
6. Aspecto típico de la sarna de almacenamiento.....	29
7. Podredumbre oscura y firme ocasionada por <i>Alternaria</i>	30
8. Corazón Mohoso de la manzana.....	30
9. Podredumbre ocasionada por <i>Botrytis cinerea</i>	31
10. Síntoma de podredumbre azul (<i>Penicillium</i> spp).....	31
11. Pudrición amarga.....	32
12. Producción por regiones 1995-2004 (miles de tn).....	35
13. Porcentaje de producción de manzana por estados en México periodo 2006.....	38
14. Ubicación del estado de Coahuila en México.....	42
15. Foto satelital del lugar de recolección de la candelilla.....	44
16. Foto del espectrofotómetro de rayos infrarrojos.....	46
17. Hoja de encuesta.....	58
18. Espectro de FT-IR (ATR), de la muestra de cera de candelilla con ácido.....	61
19. Espectro de FT-IR (ATR), de la muestra de cera de candelilla comercial.....	61
20. Pérdida de peso en porciento en manzanas.....	65
21. Pérdida de agua de las manzanas en los diferentes tratamientos.....	66
22. Efecto de grados Brix en manzanas.....	68

23	Cambios de apariencia en las manzanas a las 8 semanas de evaluación.....	71
24	Fotos de manzanas inoculadas (tiempo 0).....	72
25	Fotos de manzanas inoculadas (5 semanas de evaluación).....	73
26	Porcentaje de daños en los tratamientos.....	74
27	Nivel de contaminación causada por <i>Fusarium oxysporum</i> (A).....	75
28	Nivel de contaminación causado por <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (B).	76
29	Nivel de contaminación causado por <i>Penicillium spp</i> (C).....	77

RESUMEN

Las cubiertas comestibles son recubrimientos que permiten reducir la degradación de algunas frutas y hortalizas, presentando una permeabilidad selectiva a los gases permitiendo la migración de agua, reduciendo la pérdida de peso, generado que se prolongue su vida de anaquel, en algunos casos la adición de antimicrobianos y/o antioxidantes a la cubierta da como resultado un buen efecto contra microorganismos patógenos y deteriorativos. Estos recubrimientos deben estar formados por materiales que puedan ser ingeridos, en el presente estudio se elaboro el recubrimiento comestible a base de ceras naturales y adicionando un antioxidante (ácido elágico), trabajando de forma inicial con el método de extracción directa de la celda de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc) culminando con la aplicación en fruto fresco completo como lo fue la manzanas (*Golden delicious*), se midieron los parámetros fisicoquímicos de calidad como los Sólidos solubles totales, pérdida de peso y cambio de apariencia, en la vida de anaquel del fruto, con el objetivo de evaluar el efecto del recubrimiento comestible, manejando como control la manzana sin la aplicación de recubrimiento. En general la cubierta comestible, presento atractivas ventajas y los resultados representan una alternativa de alto interés ya que los frutos de prueba presentaron en forma significativa menor pérdida de peso de hasta un 50%, mantener la calidad de los frutos por más tiempo, de la misma forma se inocularon los frutos con por separados con una solución de esporas de *Colletotrichum gloeosporioides* causante de Antracnosis o pudrición amarga, *Penicillium* spp responsable de Podredumbre azul y *Fusarium oxysporum* generador de Corazón mohoso, la actividad antifúngica del recubrimiento comestible por sí solo y adicionado con antioxidante se midió mediante porcentaje de invasión tomando en cuenta su cambio de apariencia. Manejando como control la manzana sin inocular a si como también sin inocular y sin recubrimiento comestible, se trabajo con un software estadístico (Minitab® 15.1.30.0) se realizó un diseño completamente al azar 3*8 con seis repeticiones donde 3 es el número de niveles de factor 1 (tipo de cubierta) y 8 es el número de niveles del factor 2 (tiempo), para el peso y SST, para los microorganismos se empleo el siguiente diseño, completamente al azar con

arreglo factorial 4*3 con 3 repeticiones por grupo donde 4 es el número de niveles de factor 1 (tipo de microorganismo) y 3 es el número de niveles del factor 2 (tipo de recubrimiento), Los datos fueron examinados por un programa estadístico Minitab® 15.1.30.0, los promedios de las mediciones se compararon mediante un análisis t-Student ($\alpha = 0,05$). El fruto sometido al tratamiento presento una mayor retención de agua, de esa forma se prolongo su vida de anaquel, incrementó en contenido de SST, las esporas aplicadas en la manzana no provocaron daños mínimos en los frutos con recubrimiento comestible y nulos en el tratamiento con recubrimiento comestible y agente antioxidante, El fruto con el recubrimiento comestible se sometió a una Evaluación sensorial usando la prueba (Test Triangular) siendo aceptado el fruto de forma visual y degustativa por consumidores que fungieron como jueces

Palabras clave:

Cubierta comestible, Cera de candelilla, antifúngico



1. Introducción

1.1. Antecedentes

En la actualidad existe una fuerte demanda sobre los alimentos más sanos y elaborados a partir de productos naturales, por lo consecuente esto ha llevado al desarrollo de tecnologías que prolonguen la vida de anaquel de los alimentos para el consumo humano, El objetivo de estas tecnologías es prolongar su vida de anaquel debe de conservar a dicho producto en condiciones aptas para el consumo y de mantener sus propiedades físico-químicas y nutrimentales para de esta forma, lograr un “alimento funcional”; actual mente la demanda por el consumo de los productos naturales va en incremento a nivel mundial (Saucedo-Pompa, 2007)

Una cubierta comestible debe garantizar la estabilidad del alimento y prolongar su vida útil. De acuerdo a las condiciones de almacenamiento de frutas y hortalizas deben ser considerados algunos factores tanto mecánicos o químicos que se involucran en el diseño de las cubiertas comestibles (Miranda *et al.*, 2003).

La industria alimentaria intentan evitar la oxidación de los alimentos mediante diferentes técnicas, como el envasado al vacío o mediante el empleo de recipientes opacos y utilizando antioxidantes. La mayoría de los productos grasos tienen sus propios antioxidantes naturales, aunque muchas veces estos se pierden durante el procesado (refinado de los aceites, por ejemplo), pérdida que debe ser compensada (Saucedo-Pompa. 2007).

Las ceras comestibles, son significativamente más resistentes al transporte de humedad que la mayoría de películas elaboradas con otro tipo de lípidos e incluso de las que no son elaboradas con lípidos. Las ceras son más efectivas en el bloqueo de la migración de humedad, siendo la candelilla una de las más resistentes. La aplicación de una capa de lípidos como suplemento en la superficie de frutas, reemplaza las ceras naturales de la cutícula, las cuales pueden ser parcialmente removidas durante el lavado. Las ceras naturales que se aplican a productos perecederos frescos para reducir la transpiración son: cera de abejas, cera de





carnauba, cera de candelilla y cera de salvado de arroz (Bosquez-Molina y Vernon-Carter, 1995).

La cera de Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc) se obtiene a partir de esta planta, la cual está formada por ésteres de ácidos grasos y ácidos grasos de cadena larga que crean una superficie protectora en la planta. Es insoluble en agua, pero altamente soluble en acetona, cloroformo, benceno y otros solventes orgánicos (Multiceras, 2007).

El uso de recubrimientos no puede, ni pretende, sustituir el empleo de materiales de envasado tradicionales, pero es necesario tener en cuenta sus características funcionales y las posibles ventajas de comportamiento en determinadas aplicaciones (Baldwin, 1995). Pueden utilizarse también como medio portador de aditivos con el fin de contribuir a la estabilidad del producto, facilitando la acción de estas sustancias sobre la superficie.

La influencia de un aditivo dado dependerá de su concentración, estructura química, grado de dispersión en la película y grado de interacción con el polímero (Kester, 1986). Si se obtiene una adecuada homogeneización del sistema es posible garantizar la uniformidad en el tamaño y distribución de las partículas de la fase dispersa, lo que repercutirá en la funcionalidad de barrera contra la transferencia de masa de la película formada (Bosquez-Molina *et al.*, 2005).

Los frutos de palto pueden verse afectados por varios patógenos. Valdivieso (1987) identificó en paltas del cv. Hass los siguientes organismos: *Penicillium italicum*, *Monilia sp.*, *Alternaria sp.* Y *Rhizopus sp.* El autor observó que el deterioro se inició, fundamentalmente, durante el período de comercialización, posterior al almacenaje refrigerado.

Latorre (2004) indica que una patología importante corresponde a la antracnosis, enfermedad causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, patógeno que causa pudrición blanda de los frutos en postcosecha. Externamente, los frutos enfermos presentan lesiones necróticas algo deprimidas sobre la piel que luego





manifiestan el desarrollo del hongo con presencia de acérvulos de color anaranjado, y posteriormente aparece un micelio gris. La pudrición se presenta en cualquier sector de la superficie del fruto, pero se desarrolla, principalmente, en frutos sin pedúnculo (Montealegre *et al.*, 2005).

Sin embargo, a pesar de que la información técnica disponible para la elaboración de películas comestibles es amplia, no es universal para todos los productos. En el caso particular de frutas y hortalizas para consumo en fresco, los recubrimientos comestibles, proporcionan una cubierta protectora adicional cuyo impacto tecnológico es equivalente al de una atmósfera modificada, por lo tanto representan una alternativa a este tipo de almacenamiento (Park, 1999).

Existen antecedentes del uso del ácido eláxico en la investigación realizada por Saucedo-Pompa (2007), quien además demostró, que al combinarlos con una cubierta comestible alarga la vida de anaquel de frutas frescas enteras y cortadas (Saucedo-Pompa *et al.*, 2007). Recientemente, Rojas-Molina (2008) llevó a cabo un estudio preliminar de la evaluación de la actividad como barrera antimicrobiana de este tipo de ceras, demostrando su eficacia sobre aguacate enteros (Saucedo-Pompa *et al.*, 2009). Sin embargo dichos estudios fueron preliminares, por lo que en el presente trabajo se planteó el uso de este aditivo protector con el fin de evaluar la actividad antifúngica sobre manzanas producidas en la región de Arteaga, Coahuila, México.

1.2. Justificación

Arteaga, Coahuila, es una zona de producción de manzana importante en el contexto nacional, en la cual más de 3 mil productores y 3 mil familias viven del empleo de la cosecha de esta fruta. Para el año 2008, la producción de manzana se vió fuertemente afectada por una serie de factores que incluyen la falta de frío en las partes altas de las sierras en donde se cultiva, el mal manejo postcosecha, la presencia de plagas, particularmente de hongos fitopatógenos, entre otros factores





más. En el año 2007, los datos oficiales reportaron una cosecha de manzana que alcanzó más de un millón 200 mil cajas de manzana de las variedades *Golden* y *Red Delicious*, lo que representa una producción estimada de 21,600 ton. En la zona (Gobierno del Municipio de Arteaga, 2008).

De la manzana que se produce, su naturaleza como alimento perecedero del tipo climatérico implica que aun bajo condiciones de refrigeración, el fruto se descompone fácilmente, por su misma naturaleza de respiración y de igual forma son atacado por microorganismos de distintos tipos que hacen que el fruto se descomponga aun mas rápido por lo que en la presente investigación se trabajara con una cubierta comestible que lo proteja de dicha descomposición y contaminación por microorganismos en su forma normal.

En base a lo anterior, es posible decir que la aplicación de una cubierta comestible elaborada a base de cera de candelilla es un proceso factible para la conservación de la manzana, esto debido a sus propiedades fisicoquímicas como textura, estructura, consistencia y sólidos solubles totales. Una cubierta con estas características evitará la pérdida de humedad del fruto, al ser una barrera protectora que disminuye la migración de líquidos. La adición de un antioxidante como ácido elágico, mejora la calidad de vida de anaquel y por sus propiedades anti-fúngicas evitaran el desarrollo de microorganismos en conjunto con la cubierta comestible, que representa una barrera física, que evita el contacto de microorganismos con los frutos.

1.3. Hipótesis

La aplicación de un recubrimiento comestible no perceptible a base de cera de candelilla y un aditivo antioxidante a manzanas *Golden Delicious*, incrementa su resistencia a microorganismos patógenos comunes, reduce la perdida de agua, y prolonga su vida de anaquel sin daños.





1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

La producir una cubierta comestible a partir de compuestos naturales a base de cera de candelilla y un activo antioxidante para evaluar el efecto antifúngico para prolongar la vida de anaquel de manzanas (*Golden Delicious*)

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Elaborar una cubierta comestible a base de cera de candelilla con activo antioxidante.
- ✓ Aplicar la cubierta comestibles en manzana *Golden delicious*, y evaluar la reducción de la perdida de agua para prolongar la vida de anaquel en los frutos frescos mediante la aplicación de la cubierta comestible.
- ✓ Evaluar el efecto antifúngico de la cubierta comestible contra *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gloeosporioides* y *Penicillium spp* en manzanas *Golden delicious*
- ✓ Evaluar sensorialmente el efecto que causa la presencia de la cubierta comestible activa en manzana sobre la percepción de la misma.





2. Revisión bibliográfica

Un recubrimiento comestible se define como una capa delgada y continua formada en la superficie de algún alimento o en alguno de sus componentes la cual pueda ser ingerida (Bravin *et al.*, 2006). Los materiales que se utilizan para hacer películas comestibles incluyen polisacáridos (Nisperos-Carriedo, 1994), proteínas (Gennadios, *et al.*, 1994) y ceras (Hernandez, 1994), o estos materiales combinados.

La investigación en recubrimientos comestibles ha sido muy intensa en los últimos años, debido a que disminuir las pérdidas de los cultivos y mantener los frutos por periodos más largos se ha vuelto una prioridad para los productores, esto tanto para frutas vendidas en fresco como procesadas (Riveiro *et al.*, 2007).

El desarrollo de recubrimientos de polisacáridos ha traído un aumento en este tipo de recubrimientos para extender la vida útil de frutas y hortalizas debido a la permeabilidad selectiva de estos polímeros al O₂ y CO₂. Recubrimientos a base de polisacáridos pueden ser usados para modificar la atmosfera interna de frutos y retardar la maduración (Nisperos-Carriedo, 1994).

Los materiales que se emplean para la formulación de recubrimientos comestibles son proteínas, lípidos y polisacáridos (Miranda *et al.*, 2003). Los polisacáridos hidrosolubles son polímeros de cadena larga que se disuelven o dispersan en agua confiriendo un efecto viscoso que pueden formar películas comestibles. Entre otras funciones los recubrimientos comestibles pueden actuar como portadores de aditivos alimentarios como antioxidantes y agentes antimicrobianos en la superficie de los alimentos (Riveiro *et al.*, 2007).

Las cubiertas comestibles, se aplican sobre un alimento mejorando su apariencia, siendo una efectiva barrera a la transmisión de gases, vapores y solutos; solucionando problemas de migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono,





aromas y aceite (Cuq *et al.*, 1995; Fernández, 2000). Los recubrimientos comestibles, pueden ayudar a disminuir la pérdida de humedad y/o reducir la absorción de oxígeno, inhibiendo el proceso de maduración, prolongando la vida útil y la calidad de una verdura o fruta (Vernon, 1999).

Pueden aplicarse para controlar y modificar las condiciones superficiales, reduciendo algunas de las reacciones degradativas. El mantenimiento de la estabilidad microbiana, puede obtenerse usando recubrimientos comestibles con acción antimicrobiana y combinarlos con refrigeración y atmósfera controlada. Para las frutas se suelen utilizar ceras con adición de ácido sórbico y sorbatos como antifúngicos (Cuq *et al.*, 1995; Fernández, 2000).

Por su parte, los aditivos se emplean para impartir propiedades mecánicas, nutricionales y organolépticas a las películas, se utilizan diversos aditivos, como agentes antimicrobianos, ácidos orgánicos, antioxidantes, colorantes, saborizantes y calcio como agente reafirmante de las membranas celulares, entre otros (Soliva-Fortuny y Martín-Belloso, 2001). Estos pueden ser del tipo plastificante (Alcoholes polihídricos, ceras, aceites, ácidos grasos), del tipo surfactante y emulsificante (grasas, aceites, polietilenglicol, emulsificantes) y conservadores químicos (ácido benzoico, benzoato de sodio, ácido sórbico, sorbato de potasio, ácido propiónico) (Baldwin *et al.*, 1995).

El desarrollo de recubrimientos comestibles, se ha orientado sobre aquellos que contienen principalmente celulosa, lípidos y proteínas, adicionadas de agentes plastificantes como el glicerol, sorbitol, polietilenglicol y propilenglicol. (Park, 1996). De acuerdo con la información reportada, los recubrimientos y películas comestibles con propiedades funcionales de mayor potencial son de formulaciones multicomponentes (Kester, 1986; Gennadios, 1994; Baldwin, 1994; Baldwin, 1997). Los plastificantes se emplean para cambiar las propiedades físicas del recubrimiento (elasticidad, flexibilidad, permeabilidad, humectabilidad), (Park, 1993) Los recubrimientos basados en celulosa, son muy eficientes barreras a la permeabilidad de oxígeno y su propiedad de barrera al vapor de agua, puede mejorarse por la





adición de lípidos (Koelsch, 1994). La eficiencia de una película o cobertura comestible, depende en gran medida de la naturaleza de los componentes, su composición y estructura, por lo tanto, la elección de las sustancias formadoras de la película y/o aditivos activos, está totalmente relacionada con la función para la cual se desea utilizar, tomando en cuenta la naturaleza del alimento y el método de aplicación (Debeaufort *et al.*, 1998).

La solución formadora de película, se aplica sobre un alimento para formar lo que se denomina “cobertura comestible”. Si la solución formadora de película, es vertida como una delgada capa en una placa o superficie plana, se habla entonces de “películas comestibles”, las cuales pueden ser despegadas para investigar sus propiedades físicas y mecánicas como sistema separado del material a recubrir. (Diab *et al.*, 2001).

Hace casi un siglo, The Journal of the Royal Society of Arts, declaró que la planta de candelilla contiene cera de excelente calidad y en suficiente cantidad, lo que la convierte en una especie sumamente valiosa. La explotación de este recurso natural silvestre para la producción de cera se convertiría, desde entonces, en una de las actividades económicas más importantes, en aquellas zonas donde crece la planta. Sin embargo, durante todo este tiempo dos factores han permanecido prácticamente inalterados: el proceso de extracción de cera de candelilla y las condiciones de extrema pobreza de los habitantes de la región candelillera, ya que esta se sigue explotando con las mismas técnicas arcaicas que se han mantenido intactas (Multiceras, 2007).

2.1. Propiedades de las cubiertas comestibles

Los recubrimientos con gomas naturales pueden reducir los niveles internos de O₂ y elevar los de CO₂ permitiendo prolongar la vida de anaquel de productos vegetales frescos (Miranda *et al.*, 2003) los beneficios de estos recubrimientos son: a) retención de sabor, ácidos, azúcares, textura y color, b) mayor estabilidad durante





el embarque y almacenamiento, c) mejor apariencia y d) reducción de pudriciones ya que reduce la posibilidad de que las condiciones anaeróbicas se presenten (Bosquez *et al.*, 2000)

La permeabilidad de las películas abarca la transmisión de vapor de agua, gas y porción de agua. La permeabilidad al vapor de agua, es dependiente de la polaridad relativa del material, mientras la permeación de gas tiende a ser proporcional a la fracción de volumen de la fase amorfa de la estructura de la película (Guilbert, 1986).

El plastificante es un factor muy importante en la formulación, ya que afectan las propiedades mecánicas y la permeabilidad de las películas, debido a que alteran la estructura de las películas, la movilidad de la cadena y los coeficientes de difusión de gas o agua (Guilbert, 1986).

Se han desarrollado algunos tipos de formulaciones de cubiertas comestibles que resaltan ciertas características de algunos frutos. Este tipo de materiales, puede reducir la pérdida de peso, retardar el proceso de maduración y dar brillo a los frutos mejorando de esta forma su apariencia. En diferente proporción todas estas cubiertas protectoras, promueven un intercambio selectivo de gases entre la atmósfera de almacenamiento de los frutos (Kester y Fenema, 1986).

Trejo-Márquez (2007) aplico un recubrimiento comestible midiendo la calidad de fresas almacenadas en frío, a lo cual observó una reducción significativa en la respiración por efecto de los tratamientos, con respecto al control, el recubrimiento permitió prolongar su vida útil, de igual forma sirvió de barrera protectora a la transferencia de gases y migración de humedad.

Bosquez-Molina (2005) muestra una pérdida de peso en limón Persa que se cubrió con diferentes emulsiones, pudo observar que los recubrimientos aplicados y formulados con mezquite-candelilla y aceite mineral, exhibieron una menor pérdida durante el almacenamiento en comparación con el control.





Báez *et al.*, (2001) trabajaron en melones aplicándoles cera a temperatura ambiente y caliente, los cuales registraron una menor pérdida de peso en comparación con los tratamientos y siendo las mismas repuestas observadas en los demás periodos establecidos en las condiciones de almacenamiento.

2.2. Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc)

2.2.1. Características y localización.

Euphorbia antisyphilitica Zucc (Figura 1). es conocida por su nombre común “Candelilla”, proviene de forma particular de los tallos del arbusto largos, rectos, erectos y recubiertos de cera los cuales presentan la apariencia de pequeñas velas (“candles” en el idioma Inglés). Algunas otras versiones indican que la hierba de candelilla se quemaba directamente para iluminación, haciendo las funciones propias de una vela. La planta de candelilla pertenece a la familia de las *Euphorbiáceas*, nombre común de una extensa familia de plantas con flores de aspecto similar a los cactus de quienes se diferencian claramente por el látex lechoso que contienen las *Euphorbiáceas*. La planta crece normalmente en zonas de clima semi-desértico, principalmente en laderas de suelo calcáreo, asociadas con formaciones de material rocoso. La raíz de la planta es relativamente pequeña, aunque una planta de tamaño moderado puede desarrollar más de 100 tallos de color verde grisáceo, con dimensiones típicas de 30-60 cm de largo y de 0.1-1.0 cm de diámetro, dando lugar a la formación de arbustos de un tamaño aproximado de 90 cm de diámetro (CENAMEX 2007).





Figura 1. Fotografía de (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc).

La recolección de la candelilla, para la producción de cera natural ha sido una de las actividades económicas más importante en ciertas regiones del norte de la República Mexicana. Actualmente, se estima que hay más de 3,500 pequeños productores de cera de candelilla en 230 ejidos de 33 municipios del noreste rural de México. La planta de candelilla se desarrolla casi exclusivamente en una región semi-desértica de México, localizada dentro de la zona geográfica conocida con el nombre de "El Desierto de Chihuahuense" (Figura 2).





Figura 2. Distribución geográfica de la *Euphorbia antisyphilitica* Zucc.

La candelilla sólo es explotada en la región denominada “Candelillera”, la cual ocupa una extensión de 140,500 Km², en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León y Zacatecas (CENAMEX, 2006).

2.3. Cera de candelilla

2.3.1. Extracción de cera de candelilla

La explotación de la candelilla en estado silvestre para la producción de cera se convertiría, desde entonces, en una de las actividades económicas más importantes, en aquellas zonas donde crece la planta. La cera de candelilla es considerada como uno de los productos naturales extraídos de plantas del semi-desierto mexicano más apreciados por diferentes industrias, desde la cosmética y alimenticia hasta la electrónica, debido a sus características únicas de buena calidad, como el color amarillo transparente, mayor dureza en comparación con otras ceras, el brillo que provee y su fácil digestión (Saucedo-Pompa, 2008)

La recolección de la candelilla para la elaboración de cera natural ha sido una de las actividades económicas más importantes del Desierto de Chihuahua en cinco





estados del país, donde se estima que hay más de 3, 500 pequeños productores en 230 ejidos del norte rural de México, principalmente en el estado de Coahuila, en los municipios de Ocampo, Cuatrociénegas y Sierra mojada (MULTICERAS, 2007).

2.3.2. Composición

La cera de candelilla (Figura 3), es una sustancia compleja de origen vegetal. Es dura, quebradiza y fácil de pulverizar. Sin refinar es de apariencia opaca. Su color puede variar desde café claro hasta amarillo, dependiendo del grado de refinación y blanqueo. Su superficie puede alcanzar altos niveles de brillo al ser refinada, siendo ésta una de las propiedades más apreciadas en la cera de Candelilla para diversas aplicaciones de especialidad. Disuelve bien los colorantes básicos. Es insoluble en agua, pero altamente soluble en acetona, cloroformo, benceno y otros solventes orgánicos (CONAZA, 2004).



Figura 3. Cera de candelilla en diferentes presentaciones.

La composición química de la cera de candelilla (Cuadro 1), se caracteriza por un alto contenido de hidrocarburos (alrededor del 50%) y una cantidad relativamente baja de ésteres volátiles. Su contenido de resina puede llegar hasta 40% en peso, lo cual contribuye a su consistencia pegajosa. La cera de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc, presenta una contracción muy baja, por lo cual es utilizada en fundición de precisión.





Cuadro 1. Composición química de la cera de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc

Compuestos	Cera cruda (%peso)	Cera refinada (% peso)
Hidrocarburos	46	57
Alcoholes libres	13	14
Ácidos libres	7	7
Esteres simples	2	21
Esteres hidroxilados	8	8
Esteres ácidos	10	0

Fuente. CONAZA, 2004

2.3.3. Usos de la cera de candelilla

La cera de candelilla es una sustancia muy adhesiva y encuentra aplicaciones en la formulación de cosméticos, pulidores y brillos para muebles, piel, automóviles y pisos. Mezclada con otras ceras se utiliza en acabados para piel, textiles y cordones, para lubricantes y grasas, adhesivos donde la resina elimina el acabado resbaladizo y para recubrimientos de papel y cartón. Puede endurecer otras ceras, sin aumentar significativamente el punto de fusión de la mezcla. El cuadro 2 presenta las propiedades fisicoquímicas de la cera de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc (CENAMEX, 2006).

Cuadro 2. Propiedades fisicoquímicas de la cera de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc)

Propiedad	Cera sin refinar	Cera refinada
Grado de saponificación	43-65	35 – 87
Punto de fusión	66-71°C	67-79°C
Índice de refracción	1.456 a 71°C	1.456 – 1.462 a 85°C
Material no saponificable	65-67	67-77
Gravedad específica	0.982	0.885

Fuente. CENAMEX, 2006





En 1941 Whitaker mencionó que la cera de candelilla era probablemente el material con el mayor número de aplicaciones comerciales, de todas las sustancias que se extraen de plantas no cultivables que crecen en el continente americano.

Lo cierto es que la cera de candelilla, es un material que presenta una gran diversidad de aplicaciones (Cuadro 3), siendo actualmente utilizada en más de veinte industrias distintas en todo el mundo, principalmente en los Estados Unidos, la Unión Europea y Japón (Instituto de la candelilla, 2008).

Cuadro 3. Aplicaciones de la cera de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc).

Abrillantadores	Crayones	Papel
Adhesivos	Farmacia	Peletería
Aislantes Eléctricos	Goma de Mascar	Pinturas
Anticorrosivos	Hules	Plásticos
Cerillos	Impermeabilizantes	Pulimentos
Circuitos Integrados	Lacas	Textiles
Confitados	Lubricantes	Tintas
Cosméticos	Moldeo	Velas

Fuente. Instituto de la candelilla, 2008

La cera de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc, es reconocida por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos de América (FDA por sus siglas en Inglés), como una sustancia natural segura – GRAS (Generally Recognized as Safe), para su aplicación en la industria alimenticia, por lo cual es ampliamente utilizada en diversos sectores del ramo (FDA, 1993).

La cera de candelilla dadas sus propiedades protectoras es requerida para la fabricación de una gran gama de productos como los pertenecientes a la industria de los cosméticos. Por ser un buen plastificante, la cera de candelilla se utiliza en la fabricación de goma de mascar. Además, sus propiedades de retención de aceites le





permiten conservar mejor los sabores, por lo que esta cera ha demostrado sus ventajas sobre la mayoría de las ceras sintéticas para esta aplicación en particular. La candelilla es exportada en un 46.6%, siendo los principales destinos Estados Unidos (31.2 %), Alemania (9.25%), y Reino Unido (8.76%) (CENAMEX 2006).

Otras de las aplicaciones de la cera es utilizarla en emulsión con goma de mezquite formación de películas comestibles. Bosques-Molina *et al.*, (2003) reportan el uso de cera de candelilla y goma de mezquite es una cubierta comestible que mejoran la apariencia de los frutos ya que proporcionan un brillo más alto, en el caso de frutas del climáticos, como las frutas cítricas, la disminución en la proporción de transpiración está muy importante porque cuando la pérdida de agua acelera el envejecimiento y reduce su vida de postcosecha drásticamente. También se pueden adicionar otros componentes a las cubiertas (Gómez-Estaca *et al.*, 2009) como el extracto de orégano y romero a una película logrando determinar la cantidad de fenoles que desprende cada cubierta, por lo que puede resultar una nueva alternativa de uso de la cera.

Entre tantas aplicaciones que se pueden estudiar acerca de la cera de candelilla, una buena alternativa de estudio sería analizar cada uno de sus compuestos y de la planta. Najjaa *et al.*, (2007) en *Allium roseum* lograron demostrar que el aceite esencial de éste tiene actividad antibacteriana, y Khan y Omoloso (2008) demuestran la actividad antibacteriana y antifúngica del extracto de la *Breynia cernua* perteneciente a la familia de la *Euphorbiaceae* con el fin de obtener el compuesto activo de la planta y la fracción con la mayor actividad. En base a esto nos podemos dar una idea del futuro que tiene la candelilla como planta y como cera analizándolos por cromatografía de gases para determinar el tipo y cantidad de los lípidos presentes en la cera de candelilla, (Holser y Akin, 2008) con el aceite de linaza o por medio de una cromatografía de capa fina para determinar el contenido de ceras en la cera de candelilla como lo establecido por Lu *et al.*, (2008) en productos derivados del petróleo. En la UANL trabaja sobre el desarrollo de nuevas técnicas en la producción, propagación y mejoras biológicas en la semilla para optimizar la elaboración de cera e inventario de candelilla. (UANL, 2007). El CIQA





con un enfoque prioritario en la optimización del proceso de producción de la cera de Candelilla y en el desarrollo de productos con alto valor agregado. (CIQA, 2007).

2.4. Actividad Antimicrobiana

La pérdida de la calidad que algunas veces se produce en las frutas durante el tiempo que media entre la cosecha y el consumo, puede deberse a cambios físicos, químicos, enzimáticos o microbiológicos. Las consecuencias de la pérdida de calidad por acción de los microorganismos suponen un riesgo para el consumidor debido a la posible presencia de toxinas o microorganismos patógenos, además de las pérdidas económicas causadas por la alteración. Muchas tecnologías de conservación de alimentos, algunas en uso desde hace mucho tiempo, protegen las frutas de la alteración por microorganismos. (Raybaudi-Massilia *et al.*, 2006) Así tenemos que los microorganismos pueden ser inhibidos por refrigeración, reducción de la actividad de agua, acidificación, modificación de la atmósfera del envase, por tratamientos no térmicos o bien por adición de compuestos antimicrobianos. Los antimicrobianos alimentarios son compuestos químicos añadidos o presentes en los alimentos que retardan el crecimiento o causan la muerte de los microorganismos, aumentando así la resistencia a la alteración de la calidad o seguridad. Los blancos principales de los agentes antimicrobianos son los microorganismos productores de intoxicaciones alimentarias (agentes infecciosos y productores de toxinas) y los que alteran los alimentos, cuyos productos metabólicos finales (catabolitos) o enzimas causan malos olores, sabores desagradables, problemas de textura, cambios de coloración o riesgo sanitario (Davidson y Zivanovic, 2003).

El pH es el factor que más influye en la eficacia de la mayoría de los agentes antimicrobianos para alimentos. Muchas sustancias antimicrobianas añadidas a los alimentos son ácidos débiles, y son más eficaces en forma indisociada. Esto es debido a que los ácidos débiles son capaces de penetrar en la membrana citoplasmática de los microorganismos con mayor facilidad en forma protonada. En consecuencia, el valor de pKa de estos compuestos es importante en la selección de





sustancias específicas para su acción conservante en alimentos. Otro factor importante que influye en la actividad es la polaridad. Ésta se refiere tanto a la ionización de la molécula como a la contribución de cualquiera de los grupos laterales alquilo o hidrofóbicos de las moléculas (Stratford y Eklund, 2003).

2.4.1. Agentes antimicrobianos naturales

Muchos alimentos contienen compuestos naturales con actividad antimicrobiana. En estado natural, estos compuestos naturales pueden desempeñar el papel de prolongadores de la vida útil de los alimentos. Incluso muchos de ellos han sido estudiados por su potencial como antimicrobianos alimentarios directos.

El uso de aditivos alimentarios de origen natural implica el aislamiento, purificación, estabilización e incorporación de dichos compuestos con fines antimicrobianos a los alimentos sin que ello afecte negativamente a las características sensoriales, nutritivas y a su garantía sanitaria. Esto tiene que lograrse manteniendo los costes de formulación, procesado o comercialización. Los sistemas antimicrobianos naturales pueden clasificarse por su origen animal, vegetal y microbiano. El segundo que es el grupo de antimicrobiano incluye compuestos fenólicos provenientes de cortezas, tallos, hojas, flores, ácidos orgánicos presentes en frutos y fitoalexinas producidas en plantas (Beuchat, 2001).

2.4.2. Compuestos fenolicos

Estos fitonutrientes, incluyen un numeroso grupo de compuestos que han sido sujeto de una extensa investigación como agentes preventivos de enfermedades. Los fenoles protegen a las plantas contra los daños oxidativos y llevan acabó la misma función en el organismo humano. La característica principal de los compuestos fenólicos es su habilidad, para bloquear la acción de enzimas específicas que causan inflamación. Los fenoles también modifican los pasos





metabólicos de las prostaglandinas y por lo tanto protegen la aglomeración de plaquetas (Hertog *et al.*, 1993).

Los fenoles son antioxidantes y como tales atrapan radicales libres, previniendo que estos se unan y dañen las moléculas de ácido desoxiribonucleico (ADN), un paso crítico en la iniciación de los procesos carcinogénicos. Como antioxidantes, los fenoles también previenen la peroxidación de lípidos, los cuales, siendo radicales libres pueden causar daño estructural a las células normales. El daño estructural a las membranas de las células normales interfiere con el transporte de moléculas a través de estas membranas afectando el crecimiento y proliferación (So *et al.*, 1996).

Los compuestos fenólicos son sustancias que previenen enfermedades además de ser considerados como nutraceuticos (Cuadro 4) (Hasler, 1998).





Cuadro 4 Componentes nutraceuticos de interés alimentario

Componentes	Posible Propiedades Benéficas	Fuentes Alimentarias
Ácido a-linolénico	Reduce la inflamación. Estimula el Flaxseed, productos de sistema inmunológico	Soya, nueces y almendras.
Carotenoides Antioxidantes	Protegen contra el cáncer. Pueden ayudar a reducir la acumulación de plaquetas arteriales.	Zanahorias, camotes, frutas cítricas, melones, espinaca, acelgas, duraznos, perejil.
Licopeno	Potente antioxidante. Ayuda al organismo a resistir el cáncer especialmente cáncer de la próstata y cánceres cervicales)	Tomates, toronja roja, pimientos rojos, sandía
Monoterpenos	Antioxidantes de acción anticáncer. Inhiben la producción de colesterol y ayudan en la protección de la actividad de ciertas enzimas	Perejil, zanahorias, brócoli, col, tomates, berenjenas, pimientos, frutas cítricas, granos integrales, cerezas, pepinos
Fibra insoluble	Puede reducir el riesgo al cáncer de pecho y al cáncer del colon	Cascarilla de trigo, arroz no pilado, bananas, lentejas, nueces,
Ácidos Fenólicos	Podrían ayudar al organismo a resistir procesos carcinogénicos por inhibición de la formación de nitrosaminas y por efecto en la actividad de ciertas enzimas	Perejil, zanahoria, brécol, col, tomates, berenjena, pimientos, frutas cítricas, granos integrales, cerezas
Fitoesteroles	Bloquean la acción del estrógeno en la promoción de cáncer de los senos. Podrían ayudar a bloquear la absorción del colesterol	Brócoli, col, pepinos, productos de soya, tomates, berenjenas, pimientos, granos integrales

Fuente. Hasler, 1998





Los antimicrobianos naturales de origen vegetal que incluye compuestos fenólicos provenientes de cortezas, tallos, hojas, flores, ácidos orgánicos presentes en frutos y fitoalexinas producidas en plantas (Beuchat, 2001), tales como ácidos cafeico, clorogénico, p-coumárico, ferúlico y quínico que están presentes en plantas usadas como especias. La actividad antimicrobiana de esos y otros ácidos como hidroxycinnámico y cinnámico pueden retardar la invasión microbiana así como también la putrefacción de frutas y vegetales. Los taninos y el ácido tánico han demostrado tener actividad antimicrobiana (Beuchat, 2001).

2.4.2.1. Ácido Elágico

El ácido elágico (Figura 4), presente en uvas, fresas, zarzamoras, arándanos, nueces y otros alimentos es un ejemplo de un tipo de compuesto fenólico que actúa como un antioxidante y hace de estos productos ejemplos de alimentos funcionales. En estudios usando ratas como modelo experimental, el ácido elágico inhibe tumores del esófago. Estos estudios, sin embargo no indican que el ácido elágico no se encuentra fácilmente disponible y puede variar en efectividad dependiendo si está en forma purificada o en su forma natural. Para ser biodisponible, el ácido elágico necesita estar en una forma en que la célula pueda reconocerlo y utilizarlo. Tal forma puede ser la forma química libre o en una forma combinada a otra biomolécula. El ácido elágico, generalmente se une a moléculas de azúcar (Vasconcellos, 1994).

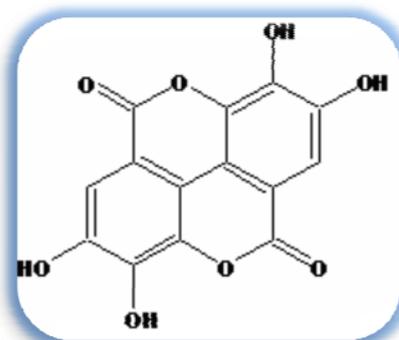


Figura 4. Estructura química del ácido elágico.





2.5. Aceite De Jojoba

Debido a su color se le ha llamado también oro líquido. El aceite de jojoba, se obtiene por la presión en frío de las semillas de un arbusto del desierto denominado *Simmondsia chinensis*. Este era utilizado por los indios americanos como alimento y medicina, especialmente como protector de la piel contra las fuertes radiaciones solares del desierto. Pero más que un aceite, se trata de una especie de cera que a temperatura ambiente es líquida, presentándose con aspecto grasosa a diferencia de otros aceites de presión en frío (Sánchez, 2003).

2.5.1. Composición

En su compleja composición hay un 96% de ceramida, lo que hace que resulte extremadamente estable al calor y a la oxidación conservándose perfectamente con el paso del tiempo y manteniendo íntegras sus propiedades. Las ceramidas son sustancias las cuales recubren las células de la epidermis regulando su hidratación. Las ceramidas del aceite de jojoba, son muy similares a las de la piel y actúan allí donde se necesita, ejerciendo una profunda hidratación y reestructurando el equilibrio graso de la piel. En su composición también encontramos vitamina E, la cual elimina las radicales libres de la piel que son responsables del envejecimiento prematuro. Otro de sus componentes es el ácido linoléico el cual actúa regenerando las células de la piel. (Sánchez, 2003).

2.6. Alimentos Funcionales

Al iniciarse el nuevo milenio, una nueva era en el área de las ciencias de los alimentos y de la nutrición se ha hecho presente con cada vez mayor intensidad: el área de la interacción alimentos-medicina cada vez más reconocida como la de los "alimentos funcionales" que acepta el papel de los componentes alimenticios, como nutrientes esenciales para el mantenimiento de la vida y de la salud y como





compuestos no nutricionales pero que contribuyen a prevenir o retardar las enfermedades crónicas de la edad madura (Best, 1997).

La idea de los "alimentos funcionales" fue desarrollada en el Japón durante la década de los ochentas, como una necesidad para reducir el alto costo de los seguros de salud que aumentaban por la necesidad de proveer cobertura a una población cada vez mayor en edad, gracias a los avances en cuidado médico y una buena nutrición (Anónimo, 1991). El término se refería a alimentos procesados conteniendo ingredientes que ayudan a ciertas funciones específicas del organismo además de ser nutritivos. Al momento, Japón es el único país que ha formulado un proceso regulatorio específico para la aprobación de alimentos funcionales. Conocidos como "alimentos para uso específico de salud" ("foods for specified health use" o FOSHU), estos alimentos son elegibles para llevar un sello de aprobación del Ministerio de Salud y Bienestar. Más de 100 productos tienen licencia FOSHU en el Japón (Hasler, 1998).

De acuerdo a los japoneses los "alimentos funcionales" pueden clasificarse en tres categorías:

1. Alimentos a base de ingredientes naturales.
2. Alimento que deben consumirse como parte de la dieta diaria.
3. Alimentos, que al consumirse cumplen un papel específico en las funciones del cuerpo humano, incluyendo:
 - a) mejoramiento de los mecanismos de defensa biológica;
 - b) prevención o recuperación de alguna enfermedad específica;
 - c) control de las condiciones físicas y mentales,
 - d) retardo en el proceso de envejecimiento

Con el paso del tiempo, otros términos creados para caracterizar los "alimentos funcionales" incluyen: Alimentos genéticamente diseñados, farmacoalimentos, fitoalimentos, fitonutrientes, sustancias fitogénicas, alimentos rendimiento, alimentos inteligentes, alimentos terapéuticos, alimentos de valor añadido, alimentos genómicos, prebióticos/probióticos, fuentes fitoquímicas,





Alimentos superiores, alimentos hipernutritivos (Fundation for innovation in medicine, 1990).

El término "fitoquímicos", constituye la evolución más reciente del término "alimentos funcionales" y enfatiza las fuentes vegetales de la mayoría de los compuestos preventivos de enfermedades (Vasconcellos, 2008).

2.7. La manzana

2.7.1. Generalidades

Se desconoce el origen exacto del manzano, aunque se cree que procede del cruzamiento y selección de varias especies de manzanos silvestres europeos y asiáticos. Según Ponomarenko es *Malus Sieversii* (Ledeb.) Roem, una especie de manzano silvestre que crece de forma natural en las regiones montañosas de Asia media, podría ser esta especie de la que se habrían originado, hace 15.000-20.000 años, las primeras razas cultivadas de manzano (Tamaro, 1974).

La manzana que se cultiva tradicionalmente se clasifica como *Malus Pumilla*; al cual anteriormente se le conocía como *Pyrus Malus* o *Malus Comunis*, sin embargo en la versión de otros autores lo mencionan con el nombre de *Malus domestica*. El manzano fue introducido en España por los pueblos del norte de África y durante el proceso de romanización de la península y se sabe que fue traído por primera vez a América a inicios del siglo XVII por los pobladores europeos y su expansión en el continente se fue dando conforme el desplazamiento de los primeros pobladores.

El manzano *malus spp* no parece tener una forma silvestre, sino que es producto de cruce entre el género *Malus*, y su origen parece ser en el noreste de la cordillera del Himalaya, donde existen grandes extensiones de bosques de manzano silvestre. Su cultivo se inicio en Grecia, y se remonta a 600 años A. C. y casi 300 años después se conocían diversos cultivos; su introducción a Europa Central fue





antes de ese tiempo y siendo en forma silvestre encontrándose restos que demuestran su consumo en épocas prehistóricas. En América, el cultivo de inicia después de la conquista y colonización del continente por los europeos (Real, 1982)

A partir del siglo XVI, se establece en México; sin embargo, las plantaciones eran de tipo doméstico, iniciándose el desarrollo comercial a partir del siglo pasado (González, 1972). En la república Mexicana se restringe a las condiciones climáticas que requiere el cultivo para su desarrollo (Garza, 1975); en 1890 se inicia su cultivo en la Sierra de Arteaga, pero su explotación en forma comercial se realiza a partir de 1913 (Cepeda, 1978).

2.7.1.1. Taxonomía del manzano

La taxonomía vegetal se refiere a la clasificación y denominación de las plantas, como también se le conoce como botánica sistemática. Lo importante de esta es la facilidad de la clasificación e identificación y establecimiento de la relación real entre los grupos de las diversas plantas.

Gordon y Barden (1984), ubicaron al manzano dentro de la siguiente taxa:

Reino ; Plantae

División; Vegetal

Subdivisión; Pteropsidas.

Clase; Angiospermas

Subclase; Dicotiledóneas

Orden; Rosales

Familia: Rosaceae.

Género; Pyrus

Especie: Malus L.





2.7.1.2. Etimología

La palabra manzana viene del latín *mattiana*"de *Mattius*", nombre de una especie de manzanas, así llamada en memoria del agrónomo y botánico romano Caius Mattius, que vivió en el siglo I antes de Cristo.

2.7.1.3. Variedades

Existe un sin fin de variedades del manzano, las cuales tienen sus propias características que las hacen atractivas. En nuestro país las más cultivadas en las regiones manzaneras son: la *Red Delicious*, *Jonthan*, *Starking*, *Golden Delicious*, *Doble Red Delicious*, *Red Ding*, *Granny Smith*, *Rome Beauty*, etc. De las variedades de manzana que se cultivan en México, es posible diferenciar la *Doble Red Delicious* y la *Red Delicious* como manzana de mesa; en tanto que la *Winter Banana*, *Sumer Champion*, *Jonathan Red*, *Golden Delicious*, *York Imperial*, *Winter Pearmain*, etc. se le conoce como manzana agroindustriales (Alvarez, 2003).

2.7.1.4. Calidad

El fruto debe de presentar características específicas para que se pueda denominar producto de calidad, entre las cuales se puede mencionar la firmeza, sabor, ausencia de daños o golpes, pudriciones, arrugamiento, etc. (INFOAGRO, 2009)





2.7.2. El Fruto

Los frutos varían en tamaño, forma y color; son globulares, cónicos con una depresión en cada uno de los extremos; los lóbulos del cáliz son persistentes y la pulpa sin células ásperas (Figura 5).



Figura 5. Manzana (*Golden Delicious*).

La temperatura óptima para la manzana es de $0 \pm 1^\circ\text{C}$ en condiciones normales de conservación y para mantenerla en congelación es de -1°C . El fruto presenta un porcentaje de humedad relativa entre 90 y 95%, la tasa de respiración varía de acuerdo a la temperatura a la que se encuentre almacenado el fruto.

Cuadro 5. Tasa de respiración de la manzana

Temperatura	0°C	5°C	10°C	20°C
mL CO ₂ / kg·h	3-6	4-8	5-10	12-25

2.7.2.1. Composición Nutricional

Las cualidades desde el punto de vista dietético de la manzana están ampliamente reconocidas, tanto por los profesionales de la nutrición como a nivel popular. Es especialmente elevado su contenido en potasio y bajo en sodio. El





contenido en vitamina C es variable según el tipo de variedad y las condiciones de almacenamiento (INFOAGRO, 2008)

Cuadro 6 Valor nutricional de la manzana

Contenido por cada 100 g de sustancia comestible			
Agua (g)	84	Ácido málico (mg)	270-1020
Proteínas (g)	0.3	Ac. Cítrico (mg)	0 – 30
Lípidos (g)	0.6	Ac. Oxálico (mg)	1.5
Carbohidratos (g)	15	Sodio (mg)	1
Calorías (Kcal)	58	Potasio (mg)	116
Vitamina A (U.I.)	90	Calcio (mg)	7
Vitamina B1 (mg)	0.04	Magnesio (mg)	5
Vitamina B2 (mg)	0.02	Manganeso (mg)	0.07
Vitamina B6 (mg)	0.03	Hierro (mg)	0.3
Vitamina C (mg)	5	Cobre (mg)	0.08
Ac. Nicotínico (mg)	0.1	Fósforo (mg)	10
Ac. Pantoténico (mg)	0.1	Azufre (mg)	5

Fuente. INFOAGRO, 2008

2.7.2.2. Postcosecha

En la postcosecha se llevan a cabo actividades como la clasificación, encerado y empaque de la manzana. Por lo regular el empaquetado es manual sin embargo la clasificación y el encerado pueden ser tanto mecánicos como manual tomando en cuenta los estándares de calidad establecidos. (INFOAGRO, 2008)





2.7.2.3. Enfermedades del fruto

2.7.2.3.1. Sarna o roña (*Venturia inaequalis*, *V. pirina*)

La “sarna de almacenamiento” se observa más frecuentemente en manzanas tardías, y en menor medida en manzanas tempranas, de estación y peras. Las infecciones que ocurren sobre la fruta sobre el final del verano u otoño no son visibles a la cosecha y se manifiestan en el almacenamiento en cámara de frío. Se caracterizan por ser lesiones pequeñas (0,1 a 4 mm de diámetro), circulares, de aspecto áspero y negras, aumentando de tamaño a medida que transcurre el almacenamiento (Figura 6). En algunos casos, alrededor de las lesiones puede observarse un micelio blanco. No existe contaminación de las frutas durante su permanencia en cámara (FAGRO, 2009)



Figura 6. Aspecto típico de la sarna de almacenamiento.

2.7.2.3.2. Podredumbre por *Alternaria* (*Alternaria* sp.)

Enfermedad común en almacenamiento de manzanas, aunque muchas veces puede pasar desapercibida al ser colonizada por otros patógenos como *Penicillium* y *Botrytis*. El síntoma está constituido por podredumbres circulares, marrón oscuras, deprimidas, firmes, con bordes definidos y diámetro variable. En un inicio la mancha se desarrolla en superficie, pero luego afecta la pulpa. (Figura 7) La podredumbre avanza lentamente en almacenamiento y puede llegar a tomar toda la fruta (FAGRO, 2009).





Figura 7. Podredumbre oscura y firme ocasionada por *Alternaria*.

2.7.2.3.3. Corazón mohoso (*Alternaria* sp., *Fusarium* sp., *Stemphiliium* sp. y otros)

Se caracteriza por el desarrollo de una podredumbre seca o húmeda, que se inicia en los lóculos seminales. La infección puede quedar restringida al tejido adyacente a las semillas que se le conoce como podredumbre seca o avanzar lentamente afectando la pulpa de la fruta hasta llegar a manifestarse exteriormente de nominada podredumbre húmeda (Figura 8) (FAGRO, 2009).



Figura 8. Corazón Mohoso de la manzana.





2.7.2.3.4. Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*)

Enfermedad frecuente en almacenamiento de peras y manzanas. Los síntomas iniciales son podredumbres castaño claras, firmes, sin bordes definidos y que avanza rápidamente (Figura 9) (FAGRO, 2009).



Figura 9. Podredumbre ocasionada por *Botrytis cinerea*.

2.7.2.3.5. Podredumbre azul (*Penicillium expansum* y *Penicillium spp*)

Es uno de los problemas más frecuentes en almacenamiento, tanto en peras como manzanas. Entre los daños que ocasiona este patógeno encontramos las pérdidas directas por podredumbres y la pérdida de calidad por la producción de micotoxinas (FAGRO, 2009).

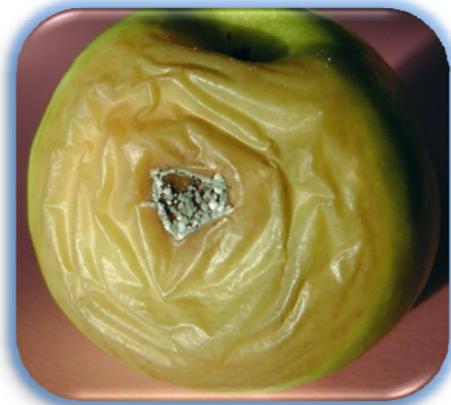


Figura 10. Síntoma de podredumbre azul (*Penicillium spp*).





2.7.2.3.6. Antracnosis o pudrición amarga (*Colletotrichum gloeosporioides*)

Se presenta cuando el patógeno aun esta verde, al acercarse la maduración aparece una serie de manchas pardas ligeramente hundidas; con el tiempo las lesiones se van profundizando hasta formar una especie de cráter, si las condiciones del tiempo son húmedas la cavidad interna de la lección se cubre con anillos concéntricos, formando acérvulos de color anaranjado (Figura 11) (FAGRO, 2009)

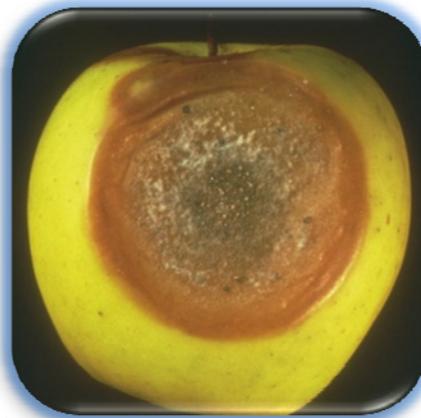


Figura 11. Pudrición amarga.

2.7.2.4. Fisiopatías

2.7.2.4.1. Arrugamiento

Las manzanas *Golden Delicious*, son particularmente susceptibles a la pérdida de agua. Esta disminución puede ser tan alta como del 3 al 6%. El enfriamiento rápido, el almacenaje de la fruta en cajas con películas plásticas y los equipos de refrigeración bien diseñados reducirán la pérdida de agua (INFOAGRO 2008)





2.7.2.4.2. Magulladuras

Pueden ser excesivos, especialmente en *Golden Delicious* donde el daño por golpes es más evidente. Un manejo cuidadoso es importante (INFOAGRO 2008).

2.7.2.4.3. Picado

Manchas pardas hundidas en la piel, especialmente en la parte calicinal. Este desorden está relacionado con una baja concentración de calcio en la manzana. Las aspersiones de calcio previas a la cosecha y las inmersiones en soluciones de calcio antes del almacenamiento refrigerado son el mejor control. Las aspersiones en el campo deben ser efectuadas bajo condiciones de rápido secado para evitar manchas en la piel (russeting). La incidencia de esta fisiopatía es reducida con almacenamiento en atmósfera controlada (INFOAGRO 2008).

2.7.2.4.4. Escaldado superficial

Es el pardeamiento de la piel que se desarrolla en almacenamiento refrigerado. El almacenaje en atmósfera controlada retrasa la aparición de este problema. (INFOAGRO 2008)

2.7.2.4.5. Daño por Atmósfera Controlada

Niveles de oxígeno inferiores al 1 % y de CO₂ superiores al 15 % pueden inducir sabores extraños debido a metabolismo fermentativo. Otros síntomas de daño por CO₂ incluyen: lesiones pardas parcialmente hundidas en la piel o pardeamiento interno y cavidades (INFOAGRO 2008)





2.7.3. Conservación e industrialización de la manzana

Existen varias formas de conservación de frutos, las más conocidas son las que se llevan a cabo después de la industrialización, La fruta ya madura debe mantenerse en condiciones de poca luz, bajas temperaturas y alta humedad relativa, la mayoría de frutas saben mejor frescas, pero algunas conservan bien su sabor incluso tras un almacenaje prolongado. (AMSDA 2008)

La manzana se puede llegar a comercializar de la siguiente forma:

- | | |
|-------------|-------------|
| ✓ Conservas | ✓ Confitura |
| ✓ Secado | ✓ Jalea |
| ✓ Congelado | ✓ Licor |
| ✓ Mermelada | ✓ Sidra |

2.7.4. Producción de manzana en México y el mundo

La producción en el país está basada en tres estados que son los de mayor producción de manzana a nivel nacional los cuales son Chihuahua, Durango y Coahuila (AMSDA 2008)

2.7.4.1. Producción Mundial de Manzana

La manzana es una de las frutas de mayor calidad y preferidas por la sociedad a nivel mundial y por lo tanto ocupa uno de los primeros lugares en cuanto a su exportación e importación mundial se refiere.

El crecimiento sostenido de la producción de manzanas a nivel mundial continúa en el año 2004, mostrando una tasa de crecimiento de 2.35% y un promedio de 1995-2004 de 57.1 millones de toneladas. Las estimaciones de la producción mundial para el año 1999, indicaban que por primera vez se superaría los 60 millones de toneladas. Sin embargo muchos de estos





pronósticos no se cumplieron hasta la cosecha del año 2004 por problemas climáticos que afectaron a gran parte de Europa y muchos países del hemisferio sur, incluyendo Chile. A pesar de este evento extraordinario, se observa que existe una clara tendencia a seguir aumentando los volúmenes producidos ya que la región de Europa mostró un crecimiento en promedio de 16.6 millones de toneladas y una tasa media de crecimiento de 1.48%; por su parte la región de Asia mostró un promedio de diez millones de toneladas y una tasa de crecimiento de 0.4%, África con 1.6 millones de toneladas y una tasa media de crecimiento de 3.3% Suramérica con 2.8 millones de toneladas y una tasa media de crecimiento de 5.6%. Por otro lado el comportamiento de la región de Norte y Centro América y Oceanía, presentaron una disminución gradual en su producción en estos 10 años de una tasa negativa de 0.7% para la primera región y de 0.5% para la segunda, como se muestra en la siguiente figura (UNIFRUT 2008)

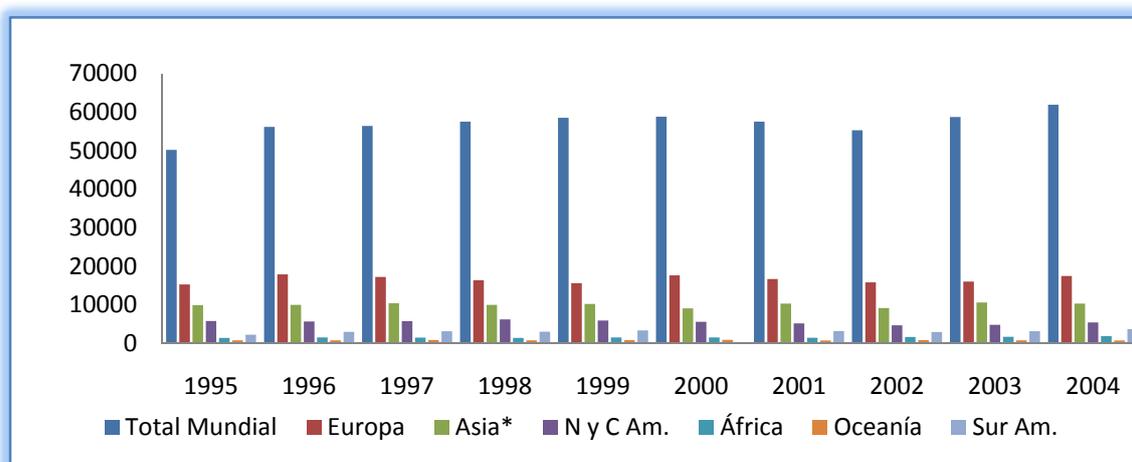


Figura 12. Producción por regiones 1995-2004 (miles de tn).

* Se excluye China

Elaboración propia con datos de UNIFRUT.

En cuanto al análisis por países, China continúa siendo el principal colaborador a este crecimiento de la producción mundial de manzanas. La producción china de manzanas, aumentó entre el año 1995 y el 2004, desde 14





millones de toneladas a 22.1 millones de toneladas, un incremento de 8.1 millones de toneladas, mostrando un promedio de 19.1 millones de toneladas y una tasa media de crecimiento de 5.2%. Este crecimiento en la producción equivale a la producción completa para ese período de la región Norte y Centro América; el tercer productor mundial de manzanas (UNIFRUT 2008).

Polonia observó un crecimiento alto en estos diez años ya que su tasa media de crecimiento se sitúa en 7.6% teniendo un promedio 1.9 millones de toneladas, para el caso de la India que aportó un promedio de 1.2 millones de toneladas y una tasa media de crecimiento de 2.2%, Chile que aportó en promedio 1,019 millones de toneladas con una tasa media de crecimiento de 4.3%, Brasil con una aportación en promedio de 760 millones de toneladas y un crecimiento de 6.7%, Sudáfrica con una tasa media de crecimiento de 4.5%, sin embargo su aportación en estos diez años es de 607 millones de toneladas representando el 1.06% de promedio de la producción mundial (UNIFRUT 2008)

Para el caso de los países europeos los cuales se distinguen por tener las mejores variedades que son utilizadas principalmente para la producción de sidra y manzana de mesa destacan; Francia, Alemania e Italia con una tasa media de crecimiento inferior al 1% en el mismo período de análisis 1995-2004 y promedio de producción de 2000 toneladas entre los tres países (UNIFRUT 2008)





Cuadro 7 Producción de manzana por países (miles de toneladas)

País/año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Francia	2.079	2.004	2.041	1.788	2.185	2.157	2.397	2.432	2.137	2.217
Alemania	1.459	2.162	1.602	2.296	2.268	3.317	1.779	1.471	1.578	1.592
Italia	1.932	2.071	1.966	2.143	2.343	2.232	2.341	1.855	1.610	2.069
Polonia	1.288	1.952	2.098	1.687	1.704	1.450	2.434	2.168	2.428	2.500
China	14.017	17.060	17.227	19.490	20.809	20.437	20.023	19.251	21.105	22.163
Turquía	2.100	2.200	2.550	2.450	2.500	2.400	2.450	2.200	2.600	2.300
India	1.200	1.300	1.308	1.321	1.380	1.040	1.230	1.160	1.470	1.470
Irán	1.990	1.925	1.998	1.944	2.137	2.142	2.353	2.334	2.400	2.400
Japón	0.963	0.899	0.993	0.879	0.928	0.800	0.931	0.926	0.842	0.881
USA	4.798	4.709	4.682	5.283	4.822	4.682	4.277	3.866	3.952	4.571
Sudáfrica	512	617	0.538	0.576	0.618	0.578	0.563	0.591	0.714	0.763
N. Zelanda	527	549	0.567	0.523	0.545	0.620	0.474	0.531	0.501	0.500
Argentina	1.160	1.244	1.311	1.137	1.100	0.818	1.172	0.878	0.964	0.945
Chile	850	950	0.940	1.000	1.065	0.805	1.135	1.050	1.150	1.250
Brasil	545	539	0.689	0.695	0.957	0.791	0.716	0.857	0.835	0.978

Fuente: UNIFRUT.

2.7.4.2. Producción de Manzana en México

La manzana es una de las frutas de mayor consumo en nuestro país, y en cuanto a su consumo per cápita es de 6.5 Kg. Por lo tanto también ocupa el primer lugar en cuanto su importación (AMSDA 2008)

Tomando en cuenta el consumo en que se lleva esta fruta la podemos clasificar en manzanas para mesa y para cocinar y son utilizadas básicamente para hacer dulces y en cuanto a lo procesado podemos mencionar la sidra, jugos, concentrados, etc. (AMSDA 2008)





La manzana ocupa en nuestro país un lugar importante, se coloca en el sexto lugar en producción con el 4.2 % del volumen total de los productores frutícolas. Se cultiva en 23 estados de nuestro país, entre los cuales destacan los siguientes en orden de importancia: Chihuahua, Durango, Coahuila, Puebla y Zacatecas. El estado con mayor superficie establecida es Chihuahua con el 34.91 % del total de la producción nacional y es seguido por el estado de Durango, con el 18.85 %, ocupando como tercer lugar el estado de Coahuila con el 13.72 %, Puebla con el 9.49 % y por ultimo Zacatecas con solamente el 3 % del total de la producción nacional (AMSDA 2008)

En la Figura 13 se muestra la producción nacional donde el estado de Chihuahua a tenido sus bajas y altas en cuanto producción, pero esto se debe a que su superficie sembrada se ha reducido por diferentes causas y una de ellas puede la elección de cultivar otros granos más rentables o bien por problemas climáticos que afectan la productividad de la fruta (AMSDA 2008)

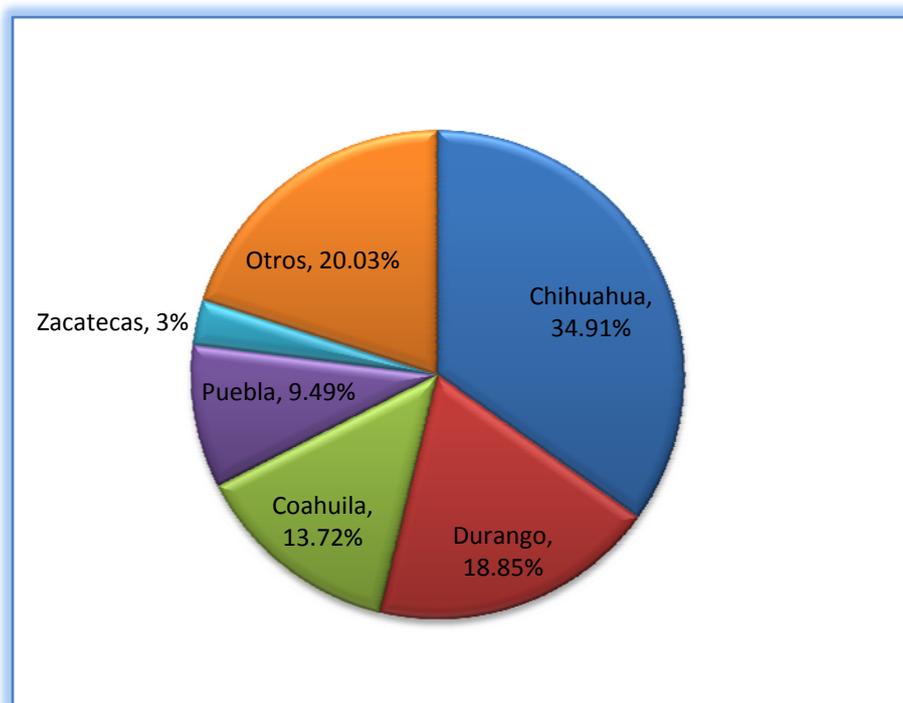


Figura 13. Porcentaje de producción de manzana por estados en México periodo 2006.





En el cuadro 8 puede apreciar la producción de manzana a nivel nacional en el periodo 1996-2006 se mantiene en aumento presentado una TMAC de 5.60%, la cual podemos decir que la manzana es atractiva para el consumo en nuestro país (SIACON 2007)

Cuadro 8 Superficie, producción y rendimiento de manzana en México (1996-2006)

Año	Superficie Sembrada	Superficie Cosechada	Producción	Valor de la Producción.	Rendimiento (ton/ha)	PMR (\$/ton)
1996	71,398	60,170	426,713	1,101,119,654	7	2,580
1997	67,506	62,507	629,277	1,000,447,297	10	1,590
1998	66,898	58,739.76	370,244	1,245,905,214	6	3,365
1999	66,117	64,473.76	449,867	1,593,815,007	7	3,543
2000	64,445	54,719.21	337,974	1,189,665,260	6	3,520
2001	62,395	60,997.51	442,679	1,243,840,596	7	2,810
2002	61,522	60,887.37	479,613	1,480,562,957	8	3,087
2003	62,995	54,572.43	495,217	1,652,235,917	9	3,336
2004	62,694	59,094.98	572,906	2,035,586,475	10	3,553
2005	62,560	59,541.85	583,992	2,095,991,505	10	3,589
2006	59,826	57,776.90	601,916	2,842,112,123	10	4,722

Fuente: Elaboración propia con datos disponibles en SIACON.

En general nuestra productividad es baja pues no contribuimos a abastecer nuestra demanda nacional, aunque internamente presentemos una tasa media anual de crecimiento positiva en la producción de manzana, aun no logra satisfacer las exigencias potenciales del mercado, ya que cada vez que el consumo va en aumento, la productividad se mantiene estancada. (AMSDA 2008)

De acuerdo a la presente investigación podemos mencionar que la mayor parte de la producción de México es para consumo nacional y en lo que





se refiere a la producción comercial, las variedades que mayormente destacan en nuestro país son: *Red Delicious*, *Golden Delicious*, *Rome Beauty*, y en menor medida están: *Gala*, *Winter Banana*, *Anna*, *Golden Dorset*, etc. (AMSDA 2008)

2.7.4.2.1. Superficie de los principales estados productores de manzana

Nuestro país ocupa un lugar importante por su alta producción de manzana, los estados con mayor aportación de manzana tanto por su superficie sembrada, producción y rendimiento; en orden de importancia son: Chihuahua, Durango y Coahuila (AMSDA 2008)

Chihuahua ocupa el primer lugar gracias a sus climas y suelos favorables, ya que se contempla con una superficie muy alta al igual que su producción, para el año de 1996 la superficie sembrada era de 27,966 hectáreas y su producción de 240,534 toneladas, teniendo de esta manera un rendimiento del 12% y para el año 2006, encontramos que la superficie fue menor, hasta 25,707has, por lo tanto, a consecuencia su producción también se reduzo 424,628 toneladas, finalizando así con una Tasa Media de Crecimiento Anual de 1.13 % en superficie, pero en producción llega a los 3.13 % de la TMCA y por lo tanto con un rendimiento de 1.15 % (AMSDA 2008)

En contraste con el segundo estado productor de manzana que es Durango su TMCA aparecen con números rojos o negativos con acepción de la superficie sembrada que es de 1.15%. A partir del año 1996 la superficie sembrada ha venido a la baja hasta el año 2006, al igual que su producción y su TMCA es de -1.19%. (AMSDA 2008)

En lo que respecta al estado de Coahuila, su superficie para el año 96 fue de 8,666, pero a partir de ese año para el 2006 ha venido a la baja, llegando hasta los 7,308, pero lo que se le ve favorable es en su producción ya





que ha sido creciente partir del año 1996 con una producción de 39,170 y con la cual su TMCA es de 7.83, con un rendimiento de hasta los 9.05. En el estado de Coahuila se presenta una gran reducción en la superficie del cultivo mostrando una TMCA negativa de -2.89%(AMSDA 2008)

En el cuadro 9 se observara que Durango es el que presenta deficiencias en su rendimiento y con una tendencia a la baja de superficie sembrada; chihuahua todo lo contrario, que se ve con tendencia a la alza y como lo mencionamos anteriormente Coahuila se ve afectado en términos de reducción de superficie,

Cuadro 9 Superficie, producción de los principales estados productores de manzana.

CHIHUAHUA			DURANGO			COAHUILA			
Año	Sup.	Prod.	Rend.	Sup.	Prod.	Rend.	Sup.	Prod.	Rend.
1996	27,966	240,534	12	13,122	40,934	4	8,666	39,170	5
1997	24,888	414,337	17	13,133	97,654	9	8,516	29,146	3
1998	25,152	206,522	11	13,559	37,478	3	8,263	52,240	7
1999	24,974	276,637	11	13,480	38,343	3	7,933	37,224	5
2000	24,271	195,988	10	12,724	37,743	3	7,882	13,481	4
2001	22,887	288,297	13	12,689	25,137	2	7,531	40,020	5
2002	22,436	301,741	14	12,760	38,577	3	7,320	55,082	8
2003	26,412	350,242	14	10,870	52,015	5	7,320	8,341	3
2004	26,017	388,484	16	10,204	37,123	4	7,070	63,705	9
2005	25,896	407,924	17	10,189	56,106	6	7,070	36,141	5
2006	25,707	424,628	18	10,285	47,212	5	7,308	57,695	8
TMCA	1.13	3.19	1.15	-1.19	-3.99	-2.89	-2.2	7.83	9.05

Sup:ha, Prod: Ton, Rend: %

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de SIACON.





El estado de Coahuila de Zaragoza (Figura 14) se caracteriza por tener climas secos y muy secos (porque casi no llueve), pues la mayor parte de su territorio está situado al oriente del Desierto de Chihuahua; por su temperatura, van desde los semicálidos, es decir, medio calurosos (predominantes en los bolsones coahuilenses), hasta los templados, entre calor y frío (de las partes más altas y septentrionales). El estado de Coahuila de Zaragoza representa 7.7% de la superficie del país (SIACON 2007)



Figura 14. Ubicación del estado de Coahuila en México.

2.7.5. Consumo nacional

El consumo de este producto presenta un incremento reducido provocado principalmente por precios deprimidos durante los meses de septiembre-diciembre, período en el cual los estados de Chihuahua y Coahuila son los principales abastecedores. Estos precios han registrado una variación promedio negativa del 8.22%, aunado a éste con el incremento de la producción nacional y la entrada del producto importado a precios subsidiados, por lo que los productores se ven en la necesidad de tomar mediadas que les permita regular los precios, colocando las manzanas de mejor calidad en





cámaras frigoríficas. Sin embargo se estima que el consumo de fruta importada aumentará a mediano plazo debido a tres factores:

- ✓ La demanda actual está insatisfecha con la producción nacional.
- ✓ La proyección de la producción interna hacia el año 2005 es de 460 mil toneladas y se mantendrán estables.
- ✓ El consumo por habitante es de 5.5 kg anuales que se mantiene constante, y que se incrementará conforme aumente la producción. Considerando el volumen la producción actual, se tendría que importar 250 mil tn/año.

La demanda de manzana en México es del 91.3 % como consumo en fresco, el 8.5% para productos industriales (jugos concentrados y sidras) y el 0.1 % para exportaciones. El consumo en fresco de 1998 al 2000 fue de 520,000 tn/año (5.5 kg/habitante) concentrando en el mercado del D.F el 55%, Guadalajara 15% y Monterrey 10% de éstas manzanas se distinguen en tres calidades: selecta, semiselecta y comercial. El 40% del consumo en fresco lo adquieren clases con ingreso alto medio y alto, los mercados de Guadalajara prefieren la variedad *Red delicious* y *Golden delicious*, Monterrey prefiere *Starkinson* y *Rome beauty*. Manteniendo la constante de 5.5 Kg/hab/año se proyecta un consumo de 600 mil tn. De manzana para el año 2005, existe una tendencia al alza hacia 5.9 kg/hab/año para el 2006, ésto demandaría un total de 642,000 toneladas año. En el caso de la manzana se considera un mercado sostenible ya que su posición se ha mantenido estable, (FAO, 2008)





3. Materiales y métodos

3.1. Sección experimental I: Extracción de cera de candelilla y preparación de cubiertas comestibles

Para este trabajo se extrajo la cera de candelilla directamente de la planta, mediante un método implementado por De León Zapata (2008), en el cual se reduce la concentración de ácido sulfúrico y se proponen mejoras a las condiciones de extracción mediante cambios físicos al proceso de extracción y de esta manera obtiene una cera de una mayor calidad.

3.1.1. Recolección de la planta

La recolección se llevó a cabo al azar al sursuroeste (SSW) del estado de Coahuila, a la altura del kilómetro 66 de la carretera 57 Saltillo-Monclova a una altitud de 892 metros, entre un lugar llamado el forlón y un puente llamado el Cristo; en la figura 15 se puede ver una foto satelital, del lugar de obtención de la materia prima. Por las características que presenta el lugar se puede decir que crece sobre un suelo calcáreo.



Figura 15. Foto satelital del lugar de recolección de la candelilla.





La planta se recolectó con la ayuda de unas tijeras para podar de manera de no dañar o extraer la raíz de la misma, de tal forma que se reponga la candelilla de forma natural en determinado tiempo, se almacenó en bolsas de plástico, después se llevó al Departamento de Investigación en Alimentos (DIA) de la Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC) en donde fue procesada.

3.1.2. Lavado de la planta

La planta de candelilla se lavó con una corriente de agua para eliminar los restos de tierra.

3.1.3 Extracción de la cera de candelilla

La cera se extrajo colocando la planta en un recipiente de acero inoxidable mediante inmersión en una solución acida de ácido sulfúrico al 20 %, la cual se calentó hasta 90°C, la cera obtenida se dejó secar y posteriormente se purificó fundiéndola nuevamente en una solución de ácido sulfúrico al 20 %, las impurezas en la cera que precipitaron hasta el fondo del recipiente se separaron, después se dejó secar la cera de candelilla para separarla de la solución acida, posteriormente se calentó nuevamente para hacer un lavado con agua destilada y eliminar los residuos de ácido sulfúrico.

3.1.4 Caracterización de ceras obtenidas

3.1.4.1 Análisis por espectroscopia infrarroja

Se le realizó un análisis por espectroscopia infrarroja por transformadas de Fourier (FTIR) mediante el empleo de un instrumento Perkin-Elmer equipado con una reflexión simple de puerta de oro atenuado por un accesorio





refractante total (ATR) colocando en el compartimento de la muestra con una resolución de cm^{-1} . Se realizó un barrido de 500 a 4000 cm^{-1} . Todos los espectros fueron normalizados y fue corregida su línea base con un software IR Perkin-Elmer. Cada muestra se sometió a un secado para eliminar humedad, ya que este es un parámetro que influye durante el análisis.

Del análisis detallado de los espectros del IR, se logró realizar la comparación de los grupos funcionales característicos de las ceras obtenidas con cada uno de los agentes extractores empleados.



Figura 16. Foto del espectrofotómetro de rayos infrarrojos.

3.1.4.2. Puntos de fusión

Esta prueba se realizó con el fin de determinar la dureza de cada una de la cera obtenida con los diferentes agentes extractores empleados. La prueba se realizó con la ayuda de un fusiómetro, donde cada trozo de cera se colocó en una superficie metálica a la cual se le aplicó calor por conducción y de esta manera la cera se sometió a calor de la misma manera, monitoreando en qué momento se fusiona la cera con la ayuda de una lupa, y se tomó la temperatura registrada en un termómetro el cuál esta directamente acoplado a la parte metálica del fusiómetro.





3.1.4.3. Pruebas de solubilidad

Se tomó 0.1 g por cada prueba, se utilizaron tubos de ensaye Pirex de 13 x 100 los cuales se marcaron con el nombre de cada solvente cloroformo, hexano, tolueno, éter y etanol, posteriormente se sometió la cera de candelilla obtenida además de el control (cera comercial) a los diferentes solventes.

3.1.5. Elaboración de la cubierta comestible

Se formula una nueva cubierta comestible a base de cera de candelilla la cual contenía un 1.5 % de cera de candelilla, 0.015 % de plastificante, 3 % de emulsificante y se ajusto el pH a 8.5 con una solución carbonatada, usando agua como agente dispersante. Posteriormente se adiciono un agente antioxidante a la concentración de 0.01 %, (Sucedo-Pompa, 2007).

3.1.5.1. Proceso de elaboración

En una parilla de agitación y calentamiento, se fundió la cera de candelilla a 80 °C, posteriormente se adicionó agitando el plastificante. En un homogenizador se mezcló el emulsificante con el agua, a temperatura ambiente, se aforó con agua destilada un pH de 8.5 con un potenciómetro (Orión). Posteriormente se calentó hasta una temperatura de 80 °C. Después se adicionó al homogenizador la cera de candelilla fundida con el plastificante. La mezcla se homogenizó a 2,800 rpm durante 30 minutos (Saucedo-Pompa, 2007), posteriormente se adicionaron el aditivo antioxidante por separado y se homogenizó la mezcla por 10 minutos más.





3.2. Sección experimental II: Actividad de la cubierta comestible a base de cera de candelilla sobre manzanas *Golden delicious*

3.2.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Microbiología, así como también en el de Fermentaciones del DIA de la UAdeC

3.2.2. Obtención de frutos

Los frutos fueron obtenidos en una huerta del ejido el huachichil del municipio de Arteaga estado de Coahuila, en el mes de septiembre aplicando 24 horas después de la obtención del mismo. Los criterios de selección de los frutos fueron: tamaño, ausencia de daños en la piel, ausencia visible de microorganismos, madurez y color. Los frutos fueron tomados y ordenados en grupos completamente al azar. Se seleccionó manzana *Golden delicious*. Posteriormente fueron lavadas y desinfectadas con una solución clorada (500 ppm) por 5 minutos, se secaron a temperatura ambiente.

3.2.3. Tratamientos aplicados a la manzana

Para el desarrollo del experimento se planteó trabajar con tres tratamientos los cuales cubren las expectativas diseñadas para alcanzar los objetivos planteados (Cuadro 10)





Cuadro 10. Diseño de los tratamientos

	Aplicación	Siglas
Fruto	Sin Cubierta	SC
	Con Cubierta	CC
	Con Cubierta y Antioxidante	CCA

3.2.4. Agrupación y clasificación de los frutos

Los frutos fueron seleccionados y asignados por lotes completamente al azar, la agrupación fue tomando en cuenta el tratamiento correspondiente para cada uno, dando a cada lote sus respectivas repeticiones (seis frutos), ya estando ordenados se procedió a numerar cada fruto con el fin de tener un estricto control para las observaciones y el monitoreo de datos durante el desarrollo del experimento.

3.2.5. Aplicación del recubrimiento comestible

El recubrimiento de los diferentes tratamientos se mantuvo a una temperatura de 50°C, los frutos fueron sometidos por inmersión al recubrimiento comestible por un tiempo no mayor a 2 segundos, posteriormente fueron secados con una corriente de aire en cada fruto, se aplicó este procedimiento en dos ocasiones al mismo fruto.





3.2.3. Almacenamiento de tratamientos

Una vez que la cubierta secó en el fruto, éstos se almacenaron a temperatura ambiente (promedio 25°C) por un periodo de 8 semanas, teniendo un estricto control con los tratamientos y sus seis repeticiones.

3.2.7. Evaluaciones realizadas a los tratamientos

Durante el periodo de almacenamiento de los tratamientos se monitorearon tres parámetros con el fin de medir la vida de anaquel del fruto.

3.2.7.1. Pérdida de peso

La pérdida de peso se registró semanalmente por el lapso de las ocho semanas que duró el experimento mediante el uso de una balanza gravimétrica (Explorer, OHAUS).

3.2.7.2. Cambios de apariencia

Se midieron cada semana mediante el uso de una cámara fotográfica Sony, Cyber Shot de 13.6 mega pixels, por el lapso de las ocho semanas que fue el periodo de evaluación

3.2.7.3. Sólidos solubles totales (SST)

Los SST fueron medidos con un Brixometro (PCE-Oe) semanalmente durante el periodo de evaluación correspondiente a ocho semanas





3.2.8. Diseño estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3*8 con seis repeticiones donde 3 es el número de niveles de factor 1 (tipo de cubierta) y 8 es el número de niveles del factor 2 (tiempo).

Los datos fueron examinados por un programa estadístico Minitab® 15.1.30.0, los promedios de las mediciones se compararon mediante un análisis t-Student ($\alpha = 0,05$).





3.3. Sección experimental III. Capacidad antifúngica de una cubierta comestible a base de cera de candelilla y un aditivo antioxidante contra *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gloeosporioides* y *Penicillium spp* en manzana *Golden delicious*

3.3.1. Propagación de microorganismos

3.3.1.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Microbiología del DIA de la UAdeC.

3.3.1.2. Microorganismos

En este trabajo se seleccionaron las cepas fúngicas fitopatógenas de *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gloeosporioides* y *Penicillium spp*, ya que son algunas de las causantes de descomposición de manzanas en condiciones normales en el manejo de postcosecha, dichas cepas fueron proporcionadas de la colección del DIA de la UAdeC.

Para la activación de las cepas se prepararon matraces Erlenmeyer con 30 ± 1 mL de agar papa dextrosa (PDA) estéril, éstos se inocularon colocando en el centro un propábulo de micelio (6mm de diámetro) de la cepa y posteriormente los matraces se incubaron a 30 °C hasta que el micelio creció en la mayor parte de la superficie del agar (2-7 días).

3.3.1.3. Propagación de la cepa fúngica y obtención de esporas

Se vertieron 30 mL de agar PDA en matraces Erlenmeyer de 250 mL con tapón de gasa y algodón, éstos se esterilizaron en autoclave a 121 °C





durante 15 minutos. Una vez solidificado el medio, se inoculó con 100 μ L de una suspensión de esporas de *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gloeosporioides* y *Penicillium spp* (Colección DIA), para posteriormente incubarse a 30 °C hasta su total esporulación (72-96 horas). Sobre el matraz esporulado se vertieron 30 mL de una solución de detergente Tween 80 al 0.1% (v/v), previamente esterilizado. Se realizó una cosecha de esporas con ayuda de un agitador magnético estéril y una parrilla de agitación. De esta suspensión se hizo una dilución 1:20, de la cual se tomó una pequeña alícuota para el conteo en una cámara de Neubauer, en donde se contaron 13 cuadros de los 25 cuadros centrales, utilizando un microscopio óptico con un objetivo de 40x. La cantidad de esporas se determinó con la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Número de esporas}}{\text{ml.}} = (\text{promedio de esporas por cuadro})(25)(10^4)(\text{factores de adición})$$

3.3.2. Propagación de esporas en el fruto

3.3.2.1. Ubicación del experimento

El presente trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Microbiología, a si como también en el de Fermentaciones del DIA de la UAdeC.

3.3.2.1. Obtención de frutos

Véase metodología en el punto 3.2.2.

3.3.2.2. Tratamientos aplicados a las manzanas

Para el desarrollo de la evaluación que se planteó, trabajamos con tres tratamientos alternándolos con tres cargas de esporas fúngicas y un testigo, esto con fin de alcanzar los objetivos planteados en la presente investigación (Cuadro 11)





Cuadro 11. Diseño de los tratamientos

	Aplicación	Cubierta	Siglas
Fruto	Sin inocular	Sin cubierta	SC-SI
		Con cubierta	CC-SI
		Con cubierta y antioxidante	CCA-SI
Fruto	<i>Fusarium oxysporum</i>	Sin cubierta	SC-A
		Con cubierta	CC-A
		Con cubierta y antioxidante	CCA-A
Fruto	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Sin cubierta	SC-B
		Con cubierta	CC-B
		Con cubierta y antioxidante	CCA-B
Fruto	<i>Penicillium spp</i>	Sin cubierta	SC-C
		Con cubierta	CC-C
		Con cubierta y antioxidante	CCA-C

3.3.2.3. Agrupación y clasificación de los frutos

Los frutos fueron seleccionados y asignados por lotes completamente al azar, la agrupación fue tomando en cuenta el tratamiento correspondiente para cada uno, dando a cada lote nueve frutos para repeticiones, ya estando ordenados se procedió a numerar cada fruto con el fin de tener un estricto





control para las observaciones y el monitoreo de datos durante el desarrollo del experimento.

3.3.2.4. Aplicación del recubrimiento comestible

Véase metodología en el punto 3.2.5.

3.3.2.5. Inoculación de microorganismos

Al obtener los frutos con el recubrimiento aplicado y deshidratado se procedió a la aplicación de las esporas fúngicas correspondientes de acuerdo al tratamiento establecido, a cada lote se le aplica una carga de 1×10^7 .

3.3.2.6. Almacenamiento de tratamientos

Al obtener los frutos con las esporas se colocaron en recipientes plásticos a los cuales se les realizó un orificio con el objetivo de permitir la respiración del fruto e impedir la acumulación de humedad, de esa forma evitar dar el medio propicio para la proliferación de los hongos, los recipientes plásticos fueron colocados con los frutos en un lugar fijo a temperatura ambiente (promedio 25° C) por un lapso de 5 semanas, todo esto con el fin de mantener el fruto en condiciones normales de almacenamiento

3.3.9. Cambios de apariencia

Véase metodología en el punto 3.2.7.2.





3.3.10. Diseño del experimento y análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4*3 con 3 repeticiones donde 4 es el número de niveles de factor 1 (tipo de microorganismo) y 3 es el número de niveles del factor 2 (tipo de recubrimiento).

Los datos fueron examinados por un programa estadístico Minitab® 15.1.30.0, los promedios de las mediciones se compararon mediante un análisis t-Student ($\alpha = 0,05$).

3.3.11. Expresión de los resultados

Los daños por el deterioro causado por la presencia de hongos en los frutos se evaluaron visualmente tomando en cuenta la siguiente: 0= no dañado; 1= daño ligero (<25%); 2= daño moderado (>25% y < 50%); 3= daño severo (>50 y <75%) y 4= completamente dañado (75-100%). $IDC = \frac{\sum (\text{nivel de daño}) \times (\text{No. De frutos de este nivel})}{\text{No. de frutos totales}}$. La mayor que se puede obtener es 4 y equivale al 100%.





3.4. Sección experimental IV: evaluación sensorial de la cubierta comestible aplicada en manzana *Golden delicious*

Se comparará en este experimento la aplicación de una cubierta comestible en manzana

3.4.1. Ubicación del experimento

El presente sección se desarrolló en el Laboratorio de Evaluación sensorial del departamento de investigación en alimentos de la Universidad Autónoma de Coahuila.

3.4.2. Metodología para detectar diferencias

3.4.2.1. Prueba Triangular

En esta prueba se le presentan 3 muestras al juez, de las cuales dos son iguales, y se le pide que identifique la muestra que este diferente, (Larmond, 1977)

Para el análisis sensorial se realizo una prueba triangular ya que se pretendía detectar diferencias mínimas en referente al aspecto visual y sabor, sobre la película aplicada en el fruto.

3.4.3. Preparación de la muestra

3.4.3.1. Obtención de frutos

Véase metodología en el punto 3.2.2.





3.4.3.2. Aplicación del recubrimiento comestible

Véase metodología en el punto 3.2.5.

3.4.4. Procedimiento de la evaluación

A cada uno de los 50 jueces se les presento una charola que contenía 3 manzanas, de las cuales dos eran iguales y se les pidió que señalaran cual de las muestras era diferente

Realizamos la prueba en dos etapas una para un análisis visual únicamente y para este análisis se colocaron manzanas enteras, la segunda etapa se colocaron trozos del fruto con el fin de evaluó el sabor.

Fueron tomados encuentra 50 jueces (Wittig de Penna, 2001) a los cuales se les entrego la hoja para evaluar y anotaciones donde se especifico los pasos a seguir en cada prueba (Figura 15).

Tipo: diferencia.	Nombre: _____
Método: Triangular	Fecha: _____
Producto: manzana	Hora: _____

Sírvase degustar cada una de las muestras de manzana del set que se presenta.

En el set hay dos muestras idénticas y una diferente. Por favor, marque con un círculo la diferente, Se permite volver a degustar

Set	Muestras números	Anotaciones
1	514 807 861	
2	108 892 779	
3	303 130 944	

Figura 17. Hoja de encuesta.





3.4.5. Expresión de resultados

Se contabilizaron los resultados proporcionado por cada juez evaluador en las hojas de evaluación correspondientes a cada prueba.





4. Resultados y discusiones

4.1 Sección experimental I: Extracción de cera de candelilla y preparación de cubiertas comestibles

4.1.1. Rendimientos obtenidos de cera de Candelilla

El rendimiento de cera de candelilla fue de 3.9% el cual es similar al obtenido por Saucedo Pompa en el 2007, lo obtenido de cera de candelilla es el adecuado ya que se maneja la misma técnica, de igual forma se obtuvo una cera de buena calidad en comparación con la cera comercial.

4.1.2. Caracterización química de las ceras

4.1.2.1 Análisis por espectroscopia infrarroja.

La estructura química de la cera de candelilla presenta ésteres de ácidos grasos de largas cadenas, lo cual se pudo constatar con un espectro de FT-IR de la cera control extraída mediante el método tradicional con ácido sulfúrico concentrado. Como se puede apreciar en el espectro de FT-IR (ATR), de la muestra de cera de candelilla con ácido sulfúrico al 20% (Figura 18), se observó la presencia de bandas características de estiramientos C-H de carbonos saturados, en un rango de 2953 a 2849 cm^{-1} . Seguido de la presencia de pequeñas señales en un estrecho rango de 2178 a 1995 cm^{-1} , correspondiente a la presencia de distintos estiramientos C-H. En el área de los 1737 cm^{-1} aparece una banda correspondiente al estiramiento C=O, indicando la presencia de funciones carbonilo presente en la cera, seguidas de la presencia de las bandas en 1462 y 1377 cm^{-1} , que corresponden a las interacciones O-C-H, la cual presenta una banda característica de la cera de candelilla por la presencia de estos grupos funcionales, y como se puede apreciar en el espectro de cera de candelilla comercial (figura 19) la cera de candelilla que se obtuvo presenta las mismas características.



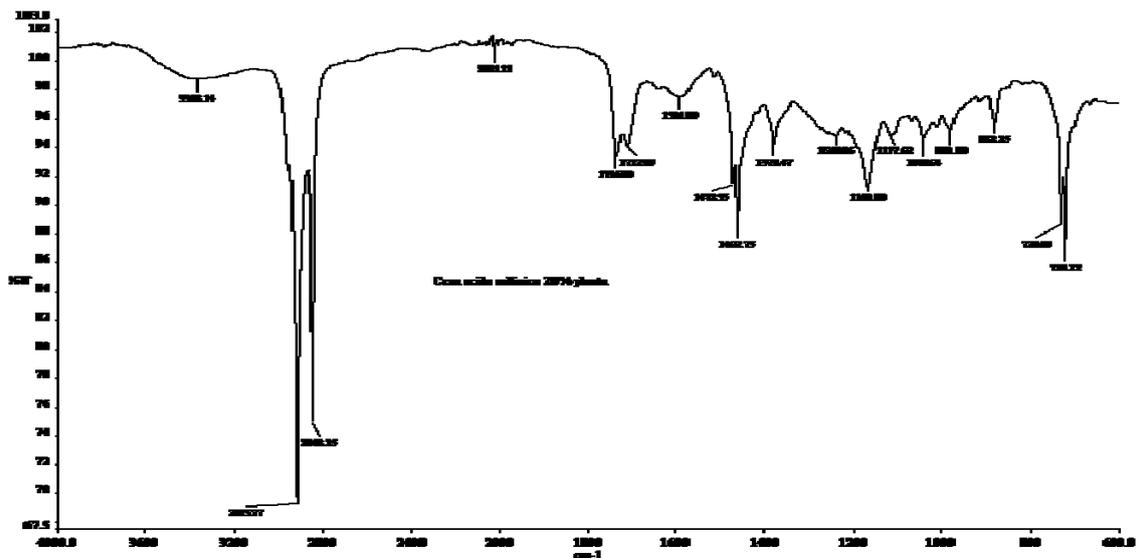


Figura 18. Espectro de FT-IR (ATR), de la muestra de cera de candelilla con ácido.

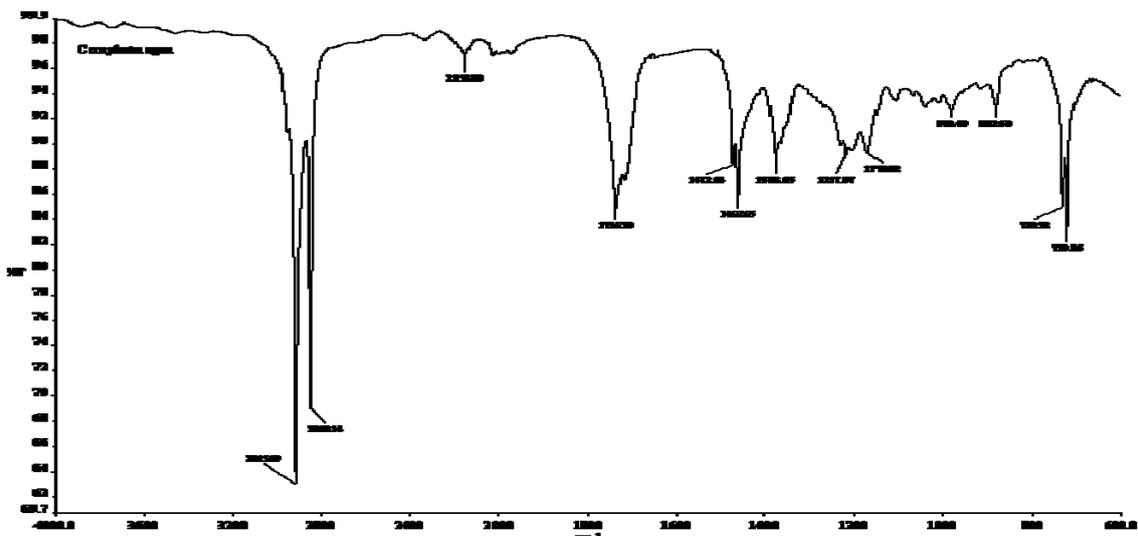


Figura 19. Espectro de FT-IR (ATR), de la muestra de cera de candelilla comercial.





4.1.2.2. Puntos de fusión de cada una de las ceras extraídas con diferentes agentes extractores, antes y después de refinarlas.

Los puntos de fusión de las ceras sin refinar son menores que las ya refinadas (Cuadro 12), esto puede ser debido a la cantidad de impureza presente en la cera sin refinar. Lo cual contribuye a bajar el punto de fusión de la misma, ya que no hay una relación estrecha entre sus mismos enlaces que permiten la unión y formación de la cera, debilitándolos y requiriendo menor cantidad de energía para romperse. Esto fue comprobado por Adams *et al.*, (1979), quienes afirmaron que el punto de fusión de un compuesto puro, en muchos casos se da como una sola temperatura, ya que el intervalo de fusión puede ser muy pequeño, en cambio, si hay impurezas, éstas provocan que el punto de fusión disminuya y el intervalo de fusión se amplíe. En cuanto a la cera refinada, la cual no presenta impureza significativa, existe una relación más estrecha entre sus enlaces. Por lo tanto le confiere una fuerte unión entre ellos mismos por lo que requieren mayor cantidad de energía para romperse.

Cuadro 12. Puntos de fusión de cada una de las ceras extraídas con cada uno de los agentes extractores, antes y después de refinarlas.

Agente extractor	Sin refinar
Ácido sulfúrico al 20%	78° C
Agua	75° C

4.1.2.3. Pruebas de solubilidad en cada una de las ceras

Como se puede observar en el Cuadro 13 las ceras presentan las mismas características de solubilidad con cada uno de los solventes utilizados. Lo cual significa que no existe diferencia en cuanto a los enlaces que





conforman cada una de las ceras. El cloroformo (CHCl_3), fue el solvente más eficaz para solubilizarlas. Esto es debido a que es un solvente no polar, el cual tuvo más afinidad por la cera, ya que la polaridad de las moléculas del solvente y del soluto adquirió mayor fuerza de atracción debido a que la cera también es un compuesto no polar.

Cuadro 13. Pruebas de solubilidad en cada una de las ceras

Solvente	Cera comercial	Ácido sulfúrico al 20%
Cloroformo	+	+
Hexano	-	-
Tolueno	-	-
Éter	-	-
Etanol	-	-





4.2. Sección experimental II: Actividad de la cubierta comestible a base de cera de candelilla sobre manzanas *Golden delicious*

4.2.1. Efecto de recubrimientos comestibles

En la Figura 20 se puede observar la disminución del peso de las manzanas durante el transcurso de las semanas de almacenamiento debido a la maduración que se presenta de forma natural en los frutos, de igual forma se observa que los frutos del lote (CC y CCA) disminuyeron gradualmente su peso en comparación al tratamiento testigo (SC), la Figura 20 nos muestra una mayor pérdida de peso en los frutos (SC), el grupo tratado con CCA presentó una menor pérdida de peso (16.98 %) en comparación con los dos tratamientos analizados, por lo que el tratamiento CCA es más eficiente para la conservación del fruto en condiciones normales de almacenamiento. Los resultados son semejantes a lo reportado por Rojas Molina (2008) donde menciona que la pérdida de peso en aguacates fue menor en los tratamientos con cubierta de cera de candelilla en comparación de los controles. Saucedo-Pompa encontró que la pérdida de peso en aguacates, manzana y plátano fue menor cuando se les aplicó un recubrimiento comestible a base de cera de candelilla y ácido elágico, los tratamientos con cera causan un efecto inhibitorio en la velocidad de respiración, ya que genera cambios en la atmósfera interna, ocasionados por la película establecida alrededor del fruto, según Hagenmaier y Baker (1993) provoca una disminución en la concentración de O_2 y aumenta en la de CO_2 . Disminuciones en la velocidad de respiración han sido reportadas por Troncoso-Rojas *et al.*, (1999) en frutos de melón Magnum tratados con una cera comercial. Petit-Jimenez *et al.*, (2004) demostraron que aplicaciones de 0,5% de calcio combinado con cera comestible puede reducir la tasa respiratoria, pérdida de peso sin afectar los parámetros de calidad de los frutos durante el almacenamiento por 15 días a 20°C. El menor porcentaje de pérdida de peso registrado en frutos encerados se atribuye a la reducción del área





abierta de la red por los sólidos emulsionados, que restringe el transporte de vapor de agua desde el interior (Mendoza *et al.*, 2001, Báez *et al.*, 2001)

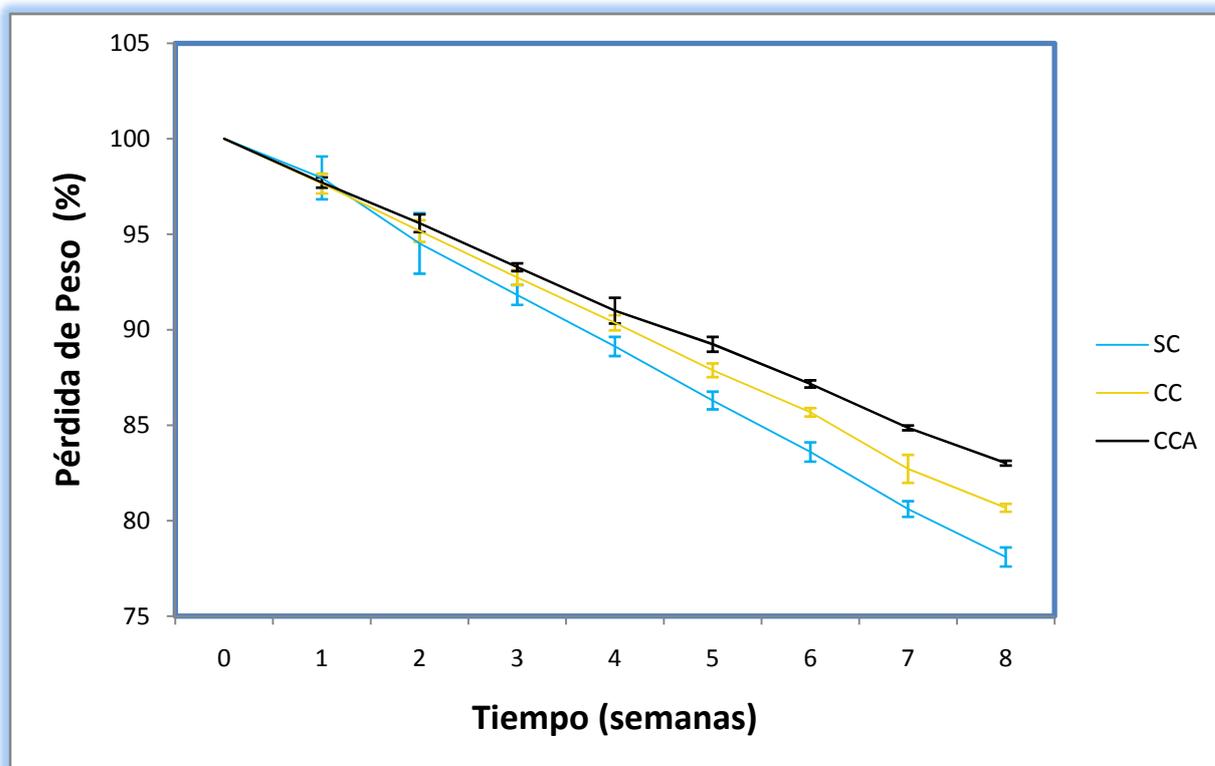


Figura 20. Pérdida de peso en porciento en manzanas.

La pérdida de peso se debe a que la fruta una vez cosechada presenta una tendencia natural a la pérdida de peso, principalmente, por concepto de transpiración (Johnston y Krochta 1997).

En la Figura 21 podemos observar la pérdida de agua en los diferentes tratamientos, la cual nos indica que los frutos del lote CC y CCA presentan un comportamiento semejante ya que ambas exhiben una menor velocidad de pérdida de agua y entre tratamientos no existen diferencia significativa, en el caso del fruto SC se observa claramente que es mayor la pérdida de peso, esto nos indica que los frutos de los lotes CC y CCA nos ayuda a disminuir la pérdida de peso ya que las cubiertas comestibles demuestran ser una barrera que evita significativamente la pérdida de humedad en los frutos según lo reportado por Saucedo Pompa, (2007).



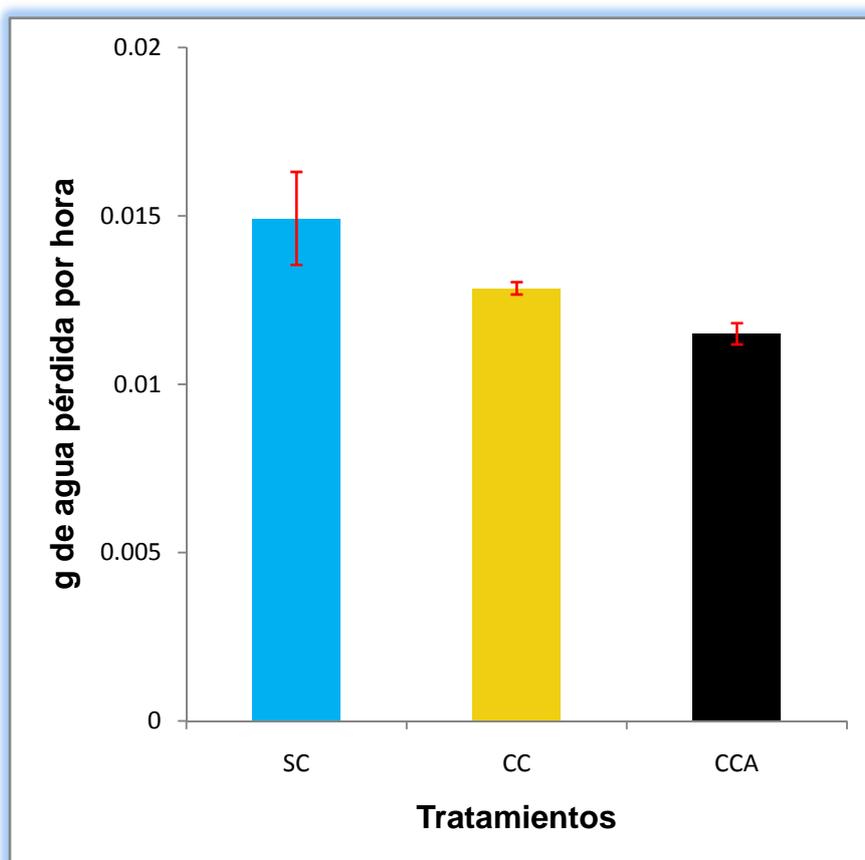


Figura 21. Pérdida de agua de las manzanas en los diferentes tratamientos

4.2.1.1. Análisis estadístico

4.2.1.1.1. Efecto de la cubierta sobre el fruto

En el cuadro 14 se puede observar que el modelo resulto ser altamente significativo lo cual indica que los factores (recubrimientos comestibles) presentan efecto sobre el peso de los frutos.

Cuadro 14. Análisis de varianza realizado a los datos procedentes del peso

Fuente de variación	Grados De libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc.
Modelo	26	60.461765	2.32545	15.9612
Error	54	7.867467	0.1456.9	Prob > F
C. Total	80	68.329232		0.0001





En el cuadro 15 se pueden observar el ANOVA de los datos obtenidos en la pérdida de peso de los frutos monitoreados durante el experimento. El ANOVA indica que los factores: cubierta, tiempo e interacción, si difieren significativamente en la pérdida de peso en el fruto.

Cuadro 15. ANOVA de dos factores: Peso vs. Cubierta, Tiempo

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Cubierta	2	15.2792	7.63962	52.46	0.000
Tiempo	8	36.8641	4.60802	31.64	0.000
Interacción	16	8.3157	0.51973	3.57	0.000
Error	54	7.863	0.14562		
Total	80	68.3225			

El cuadro 16 muestra el análisis de t-Student realizado para definir el efecto de la cubierta comestible en la manzana. Dicho estudio arrojo que existe diferencia significativa entre el tratamiento SC y CCA, CC, los lotes CCA y CC no presentaron diferencia significativa, pero si se puede observar una discrepancia estadística, la cual nos indica que los frutos CCA presentaron una retención de agua ligeramente mayor.

Cuadro 16 Efecto de la cubierta comestible sobre el peso final de la manzana

Nivel			Cuadrado mínimo de medias
SC	A		2.489259
CCA		B	1.608148
CC		B	1.532222

Promedios con la misma literal no son estadísticamente diferentes (P \geq 0.05)





4.2.2. Grados Brix

Los sólidos solubles totales en los frutos durante el periodo de almacenamiento presentaron una ligera tendencia a aumentar, aunque la diferencia no es significativo entre los tres grupos (SC, CC, CCA), esto fue observado durante un lapso de ocho semanas, sin embargo en la figura 22 se puede observar un incremento ligeramente mayor en el tratamiento (CCA); y el grupo de frutos (SC) es el que presento la menor cantidad de SST de los tres lotes analizados. Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Petit-Jimenez *et al.*, (2004), mencionando que las aplicaciones de recubrimientos comestibles de cera comestible no afectaron los parámetros de calidad, presentando una tendencia normal esperada en la maduración de los frutos con incrementos en el pH y los sólidos solubles totales, así mismo una disminución en la Acides Titulable, Trejo-Márquez (2007) indica que los sólidos solubles presentaron un aumento para las fresas control, así como las tratadas durante el almacenamiento en refrigeración. Sin embargo, el tratamiento no influyó significativamente ($P \geq 0.05$) en el contenido de sólidos soluble durante el almacenamiento. Sin embargo Galletta *et al.*, (2004) señala que no se encontró efecto del recubrimiento sobre los grados Brix, ya que permanecieron estables durante el periodo de almacenamiento de los frutos.

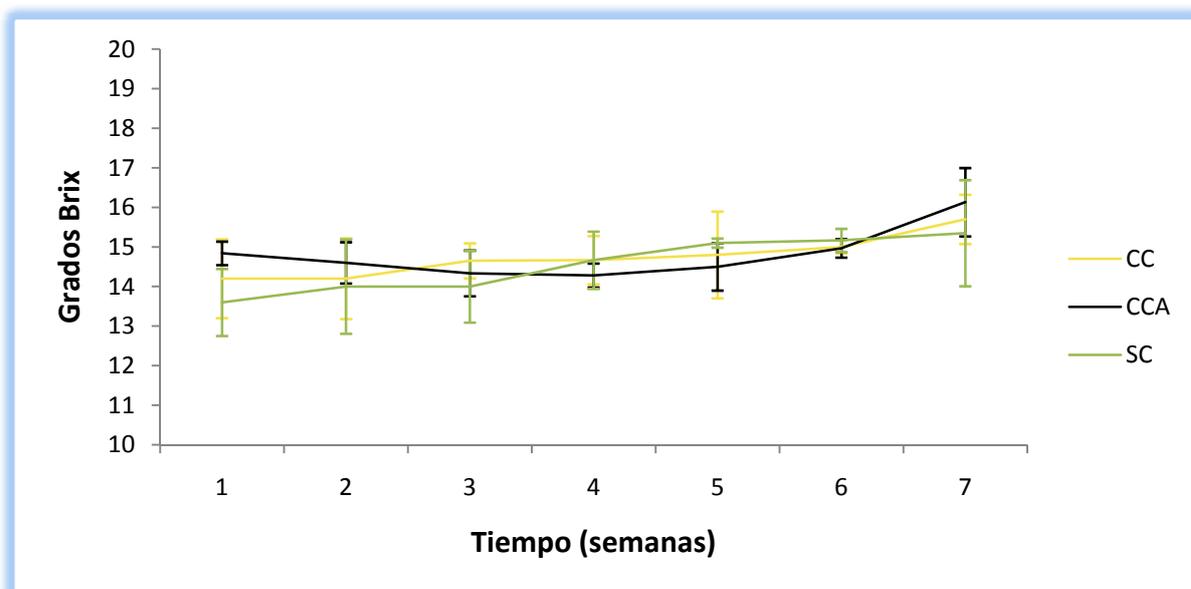


Figura 22. Efecto de grados Brix en manzanas.





4.2.2.1. Análisis estadístico

4.2.2.1.1. Influencia de la cubierta sobre en los sólidos solubles totales del fruto

En el cuadro 17 se puede observar que el modelo resulto ser significativo lo cual indica que los factores (recubrimientos comestibles) presentaron efecto sobre los SST del fruto.

Cuadro 17. Análisis de varianza realizado a los datos procedentes de SST

Fuente de variación	Grados De libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc.
Modelo	23	24.57778	1.06860	2.5309
Error	48	20.266667	0.42222	Prob > F
C. Total	71	44.84444		0.0033

En el cuadro 18 se muestra el resultado del análisis de varianza para cada factor, así como para cada una de las interacciones, en dicho cuadro, se observa que la cubierta no mostro diferencia significativa en la concentración de Sólidos Solubles Totales, sin embargo se muestra una discrepancia significativa en el factor tiempo, la cual es derogada en la interacción.

Cuadro 18 ANOVA de dos factores: SST vs. Cubierta, Tiempo

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Cubierta	2	0.9878	0.49389	1.17	0.319
Tiempo	7	15.0311	2.14730	5.09	0.000
Interacción	14	8.5589	0.61135	1.45	0.168
Error	48	20.2667	0.42222		
Total	71	44.8444			





El cuadro 19 muestra el análisis de t-Student realizado para definir el de los tratamientos evaluados (SC, CC, CCA) en las manzanas. En este se encontró que la CCA fue la que produjo menor contenido estadístico de SST, y la CC fue la que presento mayor contenido estadístico de SST, mas sin embargo en los tratamientos no se encontró una diferencia significativa.

Cuadro 19 Efecto de la cubierta comestible sobre los SST de la manzana

Nivel			cuadrado mínimo de medias
CC	A		14.941667
SC	A		14.716667
CCA	A		14.675000

Promedios con la misma literal no son estadísticamente diferentes ($P \geq 0.05$)

4.2.3. Cambios de apariencia

Todos los frutos involucrados en los tratamientos sufrieron cambios en la apariencia, sin embargo en la figura 23 se observa que los frutos del tratamiento SC sufrieron mayor daño en comparación con los frutos del lote CCA, no se logra percibir diferencia significativa entre los grupos (CCA y CC) ya que su apariencia es similar con poca variación, Los resultados obtenidos son debidos a que el retraso en el cambio de color observado en los frutos tratados (CC y CCA), pueden deberse a la atmósfera modificada interna creada en el fruto, con altos niveles de CO₂ y bajos de O₂ que retrasaron los procesos de maduración. (González-Aguilar *et al.*, 2005). Esto coincide con lo reportado por Saucedo-Pompa (2007) donde indica que los tratados con la cubierta con Acido Elálgico presentaron menores cambios comparados con los frutos control sin tratamiento en las manzanas. Ghaouth *et al.*, en 1991 demostraron que el





uso de cubiertas comestibles retardan los cambios en la apariencia de manzanas., Gustavo A. *et al.*, (2005), mencionan que las cubiertas de quitosano fueron capaces de retardar la maduración y senescencia de los cubos de papaya, El uso de cera de candelilla en cubiertas comestibles combinadas ha sido ampliamente evidenciado por Bosquez-Molina *et al.*, (2003), quienes demostraron que las cubiertas de este material con goma de mezquite retardan los cambios en alimentos.



Figurara 23. Cambios de apariencia en las manzanas a las 8 semanas de evaluación.



4.3. Sección experimental III Capacidad antifúngica de una cubierta comestible con aditivos antioxidantes contra *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gloeosporioides* Y *Penicillium spp* en manzana *Golden delicious*

4.3.1. Daños en los frutos inoculados

En la figura 24 se puede observar la foto de las manzanas inoculadas con sus respectivos microorganismos.

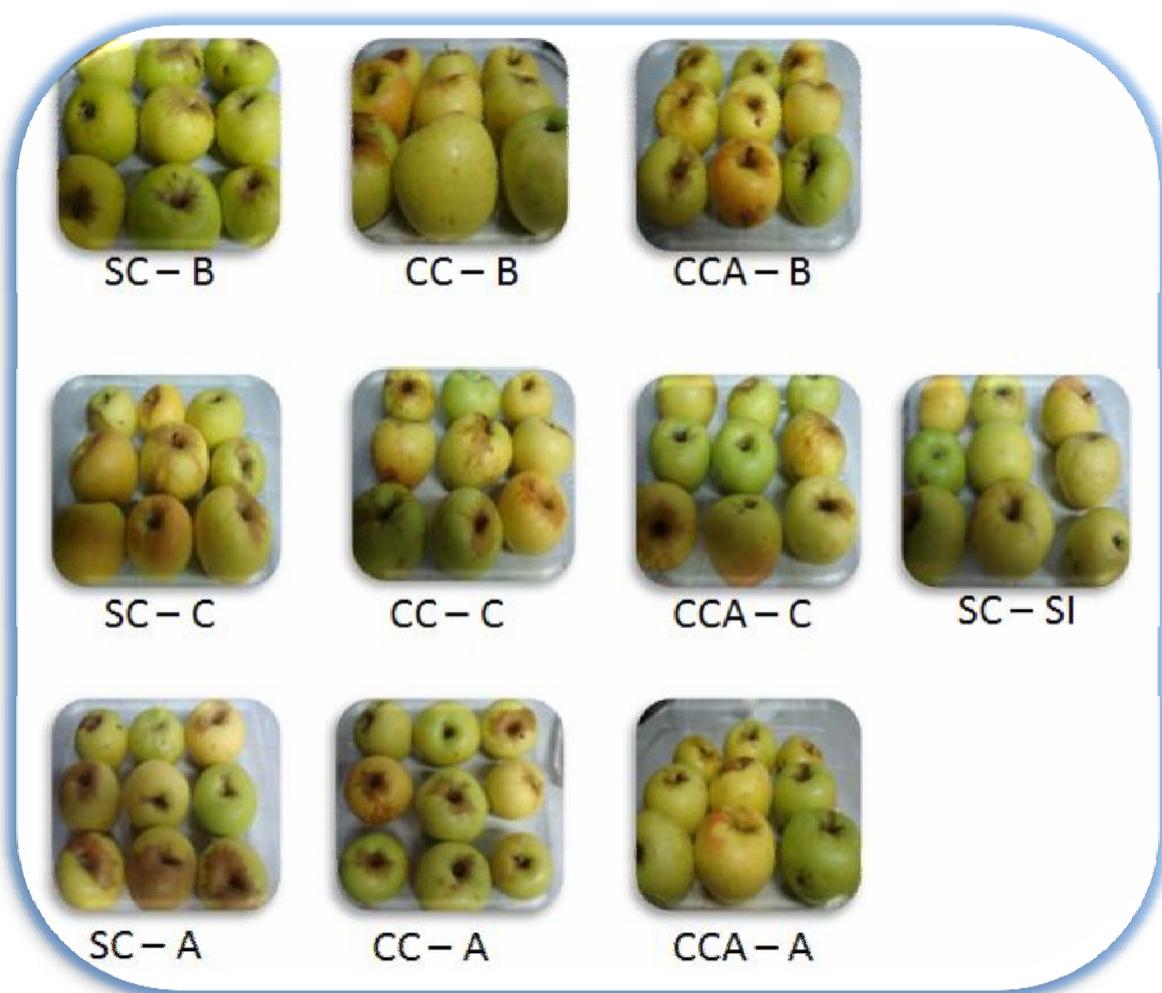


Figura 24. Fotos de manzanas inoculadas (tiempo 0).





La figura 25 nos muestra el daño causado por los hongos en los frutos a la semana 5, lo observado se midió de acuerdo a la escala (IDC).

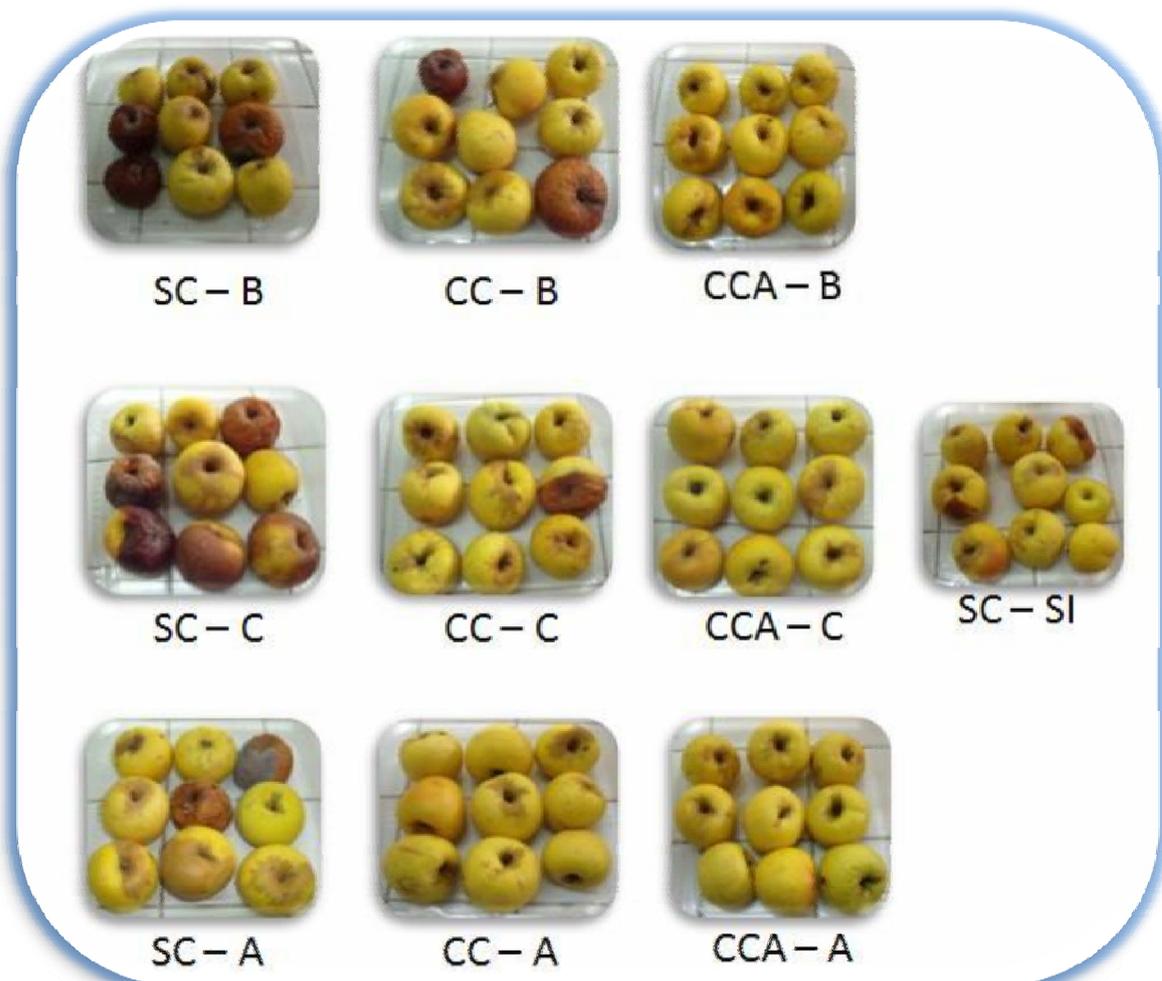


Figura 25. Fotos de manzanas inoculadas (5 semanas de evaluación).

La figura 26 muestra el porcentaje de contaminación de los frutos sometidos a los tratamientos con microorganismos (A, B, C) y los testigos (SI), durante el periodo de evaluación, podemos notar que en los tres tratamientos inoculados (A, B, C) el daño estuvo presente de forma más notable en los frutos de los lotes (SC – A, SC – B, SC – C y SC – SI), a los cuales no se les aplicó la cubierta comestible, el deterioro de los frutos tratados (CC – B, CC – C) se manifestó de forma moderada en comparación con los grupos (SC), entre los lotes (SC y CC) no se presentó una diferencia significativa en los niveles de contaminación, en los lotes (CCA – A, CCA – B, CCA – C y CCA – SI) no se





manifestó daño durante el transcurso de la evaluación, la presencia de los hongos se manifestó de forma creciente y dañando mas fuerte a las manzanas sin recubrimiento comestible, Rojas–Molina (2008) concluye que los recubrimientos comestibles a base de cera de candelilla y activos antioxidantes, prolongan la vida de anaquel y calidad física y química del fruto (aguacate), los azúcares pueden atraer vapor de agua y en consecuencia formar gotas sobre la superficie dañada. Estas gotas siguen aumentando de volumen y continúa saliendo producto osmótico de los tejidos dañados, por lo que se facilita el crecimiento microbiano, debido a la disponibilidad de nutrientes y del agua libre (Wills *et al.*, 1999), Capistrano-Moreira R *et al.* (2005) encontraron que recubrimientos comestibles de gelatina y concentrado proteico retardan el crecimiento de hongos a 12 °C en comparación con los controles sin recubrimiento en Tangor “Murcott”, el crecimiento de microorganismos es debido a la perdida de humedad, salida de iones y otros componentes celulares los cuales proveen un medio para el crecimiento de microorganismos según Brackett (1987).

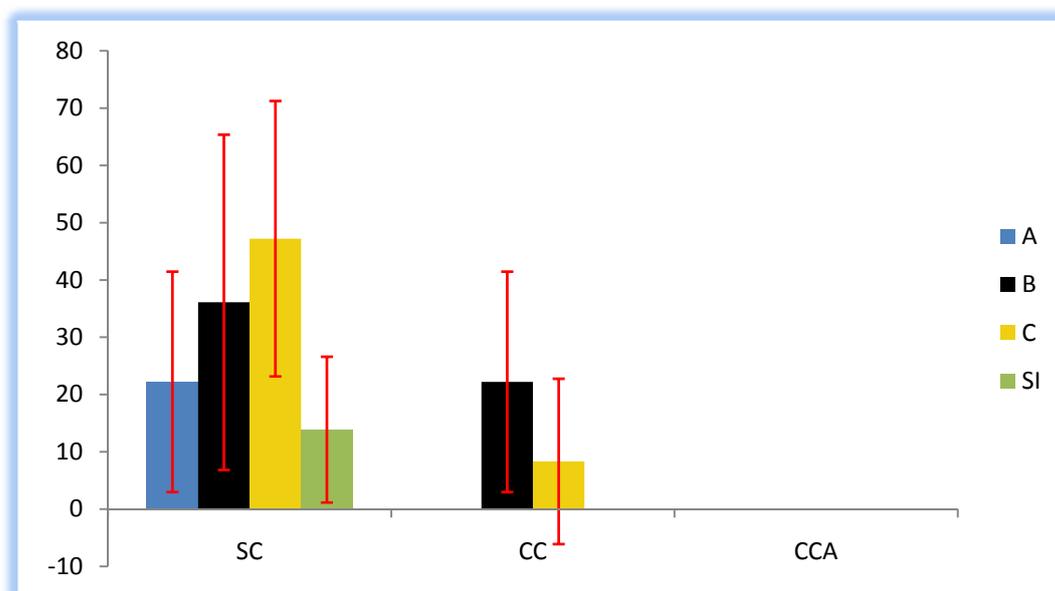


Figura 26. Porcentaje de daños en los tratamientos.





4.3.1.1. Daños en los frutos causados por *Fusarium oxysporum*

En figura 27 se observa el porcentaje contaminación de los frutos sometidos a los tratamientos con el microorganismo "A", durante el periodo de evaluación y podemos observar que existió una contaminación en el tratamiento SC, en los lotes CC y CCA no se presento nivel de contaminación, La aplicación de los recubrimientos comestibles también retardó el deterioro microbiológico de manzanas del corte fresco según Rojas-Graü (2006) esto debido a que las cubiertas crean una atmósfera modificada que puede cambiar la tasa de crecimiento de microorganismos, controlando el crecimiento de microorganismos inoocuos propios de la fruta, así como evitar el crecimiento de patógenos según lo reportado por Olivas y Barbosa-Cánovas (2005).

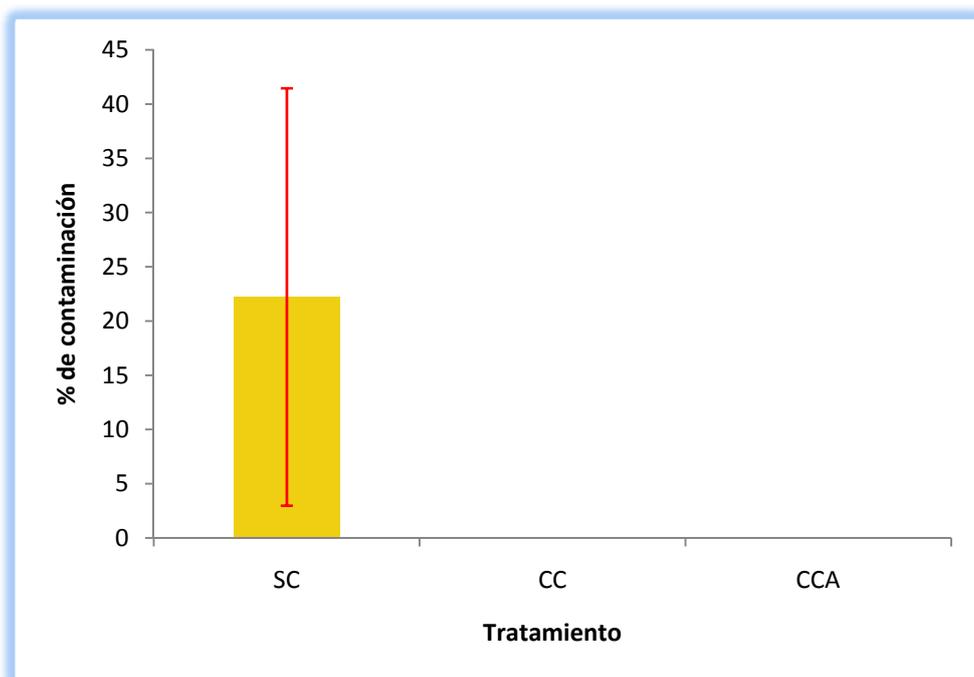


Figura 27. Nivel de contaminación causada por *Fusarium oxysporum*(A).





4.3.1.2. Daños en los frutos causados por *Colletotrichum gloeosporioides*

En figura 28 se observa el porcentaje contaminación de los frutos inoculados con el microorganismo “B”, durante el periodo de evaluación y podemos observar que existió una contaminación en el tratamiento SC, de igual forma el microorganismo ataco a los frutos sometidos con CC, en dichos lotes no se presento una diferencia significativa, a lo contrario no hubo daños en el fruto con CCA, Tawil-Bouchez (2003) reporta resultados semejantes ya que probaron que una película de quitosano combinado con ácido cítrico inhibe el crecimiento de hongos en Zanahorias.

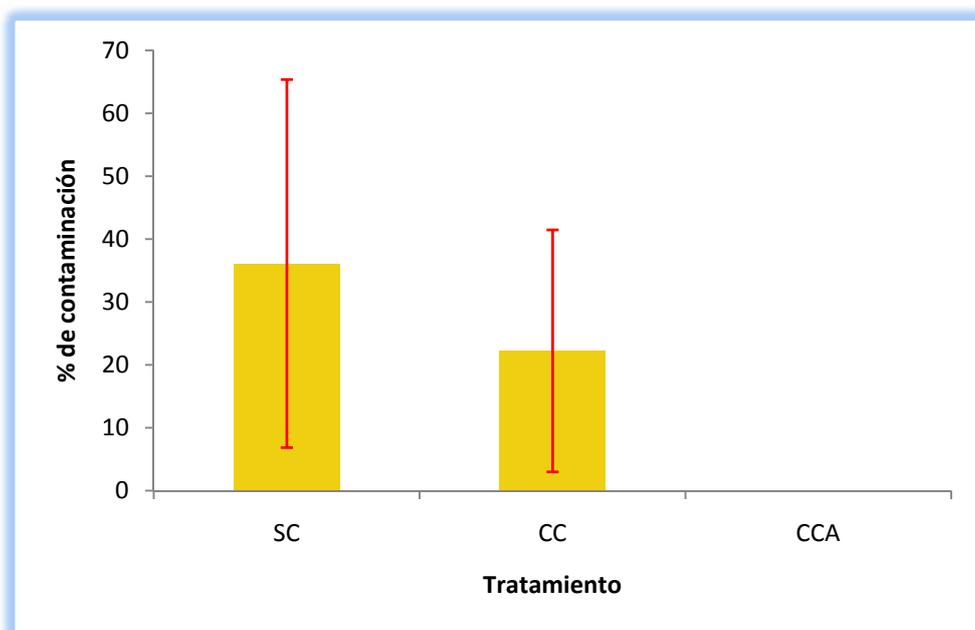


Figura 28. Nivel de contaminación causado por *Colletotrichum gloeosporioides* (B).



4.3.1.3. Daños en los frutos causados por *Penicillium spp*

En figura 29 se observa el porcentaje contaminación de los frutos inoculados con el microorganismo “C”, durante el periodo de evaluación y podemos observar que existió una contaminación en el tratamiento SC, de igual forma el microorganismo ataco a los frutos sometidos con CC, en dichos lotes no se presento una diferencia significativa, a lo contrario no hubo daños en el fruto con CCA, las diferencias entre los grupos control y los lotes de prueba según lo reportado por Farag *et al.*, (1989) es debido al aditivo presente en las cubiertas ya que ellos reportan que los alcoholes alifáticos y los fenoles exhiben acción inhibitoria para el crecimiento de hongos.

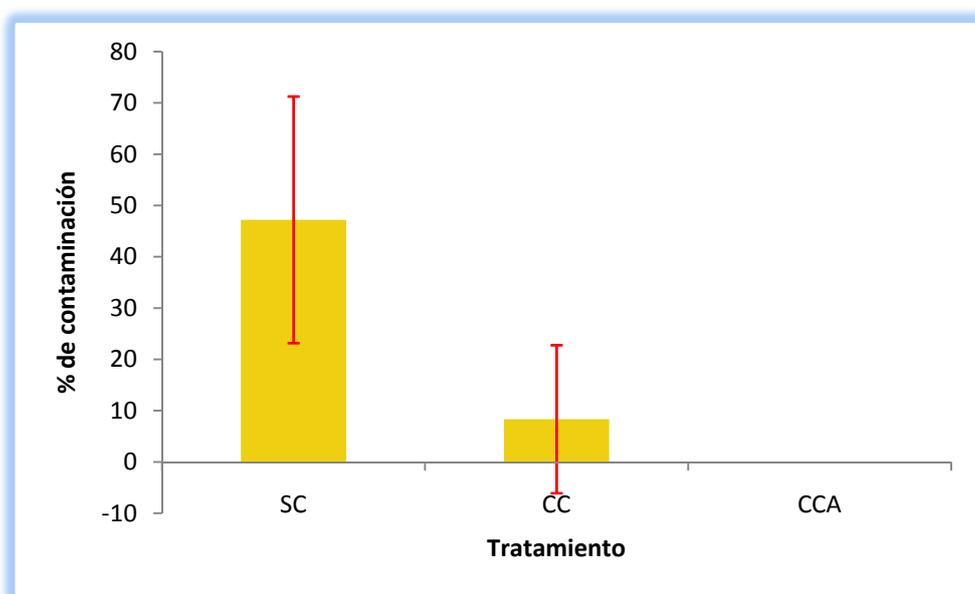


Figura 29. Nivel de contaminación causado por *Penicillium spp* (C).





4.3.2. Análisis estadístico

4.3.2.1. Influencia de la cubierta sobre los hongos

En el cuadro 20 se puede observar que el modelo resulto ser significativo lo cual indica que los factores (recubrimientos comestibles) de presentaron efecto.

Cuadro 20. Análisis de varianza realizado a los datos procedentes de la contaminación por hongos

Fuente de variación	Grados De libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc.
Modelo	11	8723.399	793.036	3.7388
Error	24	5090.575	212.107	Prob > F
C. Total	35	13813.973		0.0033

En el cuadro 21 se muestra el resultado del análisis de varianza para cada factor, así como para cada una de las interacciones, en dicho cuadro, el hongo no mostro diferencia significativa, sin embargo se muestra una discrepancia significativa en el factor cubierta, en la interacción no se presenta diferencia significativa.

Cuadro 21. ANOVA de dos factores: Contaminados vs. Cubierta, Hongo

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Cubierta	2	5773.3	2886.66	13.61	0.000
Hongo	3	1550.4	516.79	2.44	0.089
Interacción	6	1399.7	233.28	1.10	0.391
Error	24	5090.6	212.11		
Total	35	13814			





El cuadro 22 muestra el análisis de t-Student realizado para definir el efecto del hongo en los tratamientos evaluados (SC, CC, CCA) en las manzanas. En este se encontró que la CCA fue la que produjo mayor deferencia estadística que el resto. El tratamiento CC y CCA resultaron ser estadísticamente semejantes entre sí pero la diferencia menor que la arrojada por el lote SC y el tratamiento CCA no presento actividad.

Cuadro 22 Efecto de la cubierta comestible sobre los SST de la manzana

Nivel			cuadrado mínimo de medias
SC	A		29.85583
CC		B	7.63833
CCA		B	-0.00000

Promedios con la misma literal no son estadísticamente diferentes ($P \geq 0.05$)

En el cuadro anterior se muestra que el recubrimiento comestible es capaz de retener el desarrollo de microorganismos que atacan a los frutos enteros, esto es corroborado por Rojas-Molina (2008).





4.4. Sección experimental IV: evaluación sensorial de la cubierta comestible aplicada en manzana *Golden delicious*

4.4.1. Resultados de la prueba de degustación

Para cada triangulo se determino el numero de respuestas correctas dadas por los jueces, el cual fue de 10 aciertos, tomando en cuenta estos datos se procedió a comparar en el cuadro 1 del anexo en el cual se reporta el número mínimo de respuestas correctas para establecer diferencia significativa, con un nivel de significancia de 1 %. Con el valor obtenido del cuadro se determino que no se presento diferencia significativa en el fruto que se le aplico el recubrimiento comestible a base de cera de candelilla, ya que este no influyo ni altero el sabor de la manzana tratada.

4.4.2. Resultados de la prueba de observar

Para cada triangulo se determino el numero de respuestas correctas dadas por los jueces, el cual fue de 11 aciertos, tomando en cuenta estos datos se procedió a comparar en el cuadro 1 del anexo en el cual se reporta el número mínimo de respuestas correctas para establecer diferencia significativa, con un nivel de significancia de 1 %. Con el valor obtenido del cuadro se determino que no se presento diferencia significativa en el fruto que se le aplico el recubrimiento comestible a base de cera de candelilla, ya que este no influyo en la apariencia de la manzana tratada.

4.4.3. Discusiones

El fruto tratado fue del agrado del juez ya que si se demostró una diferencia considerable entre en fruto con recubrimiento comestible a base de ceras de candelilla y los frutos sin tratamiento, Cabe recordar que la evaluación la realizaron jueces no entrenados (posibles consumidores), concordando con





Barcenas *et al.*, (2001), quienes mencionan que en el momento de evaluar las preferencias de un producto, los consumidores no tienen los mismos conceptos de gustocidad, lo que hace amplio el margen de preferencias, esto es que cada consumidor puede tener una idea de lo que es el sabor o la apariencia ideal de lo evaluado, Las preferencias organolépticas para muchos alimentos están influenciadas por la cultura regional (Witting *et al.*, 2005), por lo que es necesario determinar para cada producto estándares que satisfagan al mercado objetivo (Pérez *et al.*, 2007). Actualmente existen lineamientos limitados de análisis sensorial, dichas normas no consideran las características particulares de cada alimento, como su proceso de manufactura o su presentación (Tejada *et al.*, 2006).





5. Conclusiones

Es factible extraer cera de candelilla directamente de la planta por el método tradicional para la elaboración de cubiertas comestibles a base de cera de candelilla ya que es de buena calidad en comparación con la cera comercial, y realizar la aplicación de cubiertas comestibles en frutos frescos como la manzana.

El recubrimiento comestible a base de cera de candelilla es capaz de disminuir la pérdida de peso en los frutos ya que recubrimiento disminuye la velocidad de respiración provocada por un cambio en la atmosfera interna, dando como resultado el retrasó del envejecimiento lo cual genera una apariencia aceptable en comparación a los frutos que no fueron tratados, ya que su apariencia se percibe de una forma notable.

La evaluación de los sólidos solubles totales requiere de nuevas condiciones de trabajo, ya que en el presente estudio se hubo varios factores que requieren ser controlados para obtener los resultados esperados de una forma más clara y de esa forma encontrar o no presencia de diferencia significativa en los cambios de SST aplicando un recubrimiento comestible a base de cera de candelilla.

La elaboración de un recubrimiento comestible adicionado con activos antioxidantes, es viable ya que presenta una actividad antifúngica, dando incremento a la vida de anaquel y manteniendo la calidad física y química del fruto, esta combinación no permitió el daño del fruto inoculado, de igual forma disminuye de manera notable la pérdida de agua en comparación a los tratamientos evaluados, generando como resultado final un fruto capaz de mantenerse el mayor tiempo libre de daños causados de forma natural por el envejecimiento.

El recubrimiento comestible a base de cera de candelilla por si solo presenta una ligera actividad anti microbiana, ya que el daño en los frutos inoculados fue poco en comparación con el fruto sin recubrimiento.





El recubrimiento comestible a base de cera de candelilla aplicado en manzanas es aceptable por los consumidores ya que no se percibe a simple vista y este recubrimiento no afectó el sabor del fruto al que fue aplicado

El uso del recubrimiento comestible a base de cera de candelilla en manzanas enteras es una buena medida de conservación en manejo de postcosecha, ya que se obtuvieron resultados alentadores a pesar de la contaminación fúngica a la que fue sometido, prolongó su vida de anaquel y fue aceptada por un grupo de consumidores.





6. Perspectivas

Desarrollar otra metodología para evaluar el nivel de sólidos solubles totales en el mismo fruto con el fin de monitorear el cambio que se presenta en el fruto durante el transcurso del tiempo de evaluación y/o maduración.





7. Bibliografía

- Álvarez**, Edmondo y Areola, R. J. I., (2003). Problemática de la Producción y el Mercado de la Manzana en el Municipio de Canatlan, Durango. Saltillo, Coahuila.
- AMSDA**, (2008). Asociación Mexicana de Secretarios de Desarrollo agropecuario, A.C. <http://www.amsda.com.mx/> Disponible en: <http://www.amsda.com.mx/PREstatales/Estatales/PUEBLA/PREmanzana.pdf> (15 de enero de 2009)
- Anónimo** (1993) Antioxidant vitamins and cancer and cardiovascular disease. FDA Initiated Public Conference, 1993. National Academy of Sciences, Washington, D. C., November 1-3
- Anzaldúa-Morales**, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España. 110 p.
- Baez**, R., Bringas, E., Gonzalez, G., Mendoza, T., Ojeda, J y Mercado, J. (2001). Comportamiento postcosecha del mango 'Tommy Atkins' tratado con agua caliente y ceras. *Proceedings of Interamerican Society of Tropical Horticulture (USA)* 44:39-43.
- Baldwin**, E. A., Krochta, J. M and Nisperos-Carriedo, M. (1994) Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. Ed. Technomic Publishing, Co. Basilea, Suiza. 120 p.
- Baldwin**, E. A., Nisperos-Carriedo, M. O. and Baker, R. A. 1995a. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *HortSci.* 30: 35- 37.
- Baldwin**, E. A., Nisperos-Carriedo, M. O. and Baker, R. A. 1995b. Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. *Crit. Rev. Food Sci. Nut.* 35: 509- 524.





- Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. O and Baker, R. A. (1995)** Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, 30:35-37.
- Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. O., Hagenmaier, R. D and Baker, R. A. (1997).** Using Lipids in Coatings for Food Products. *Food Technology*, 51:56-61, 64. A pocos días de presentar examen profesional
- Bárcenas, P., Pérez de San Román, R.; Pérez Elortondo, F. J. and Albisu, M. 2001.** Consumer preference structures for traditional Spanish cheeses and their relationship with sensory properties. *Food Quality and Preference*. 12 (4), 269-279.
- Beuchat, L. R. (2001).** Control of foodborne pathogens and spoilage microorganisms by naturally occurring antimicrobials. *En: Microbial Food Contamination*. Wilson CL, S Droby. (Ed.). CRC Press. London, UK. Chap. 11: 149-169.
- Best, D. (1997).** All natural and nutraceutical. *Prepared Foods* 166:32-38.
- Brackett, R. (1987).** Microbiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *J. of Food Quality*. 10: 195.
- Bosquez, M. E., Vernon, C. J., Pérez, F. L. y Guerrero L. I. Industria alimentaria, 2000, Enero-Febrero. P. 4-36**
- Bosquez-Molina, y Carter Vernon, E. J. 1995.** Efecto de Plastificantes y Calcio en la Permeabilidad al Vapor de Agua de Películas a Base de Goma de Mezquite y Cera de Candelilla. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 2005/vol. 4, numero 002, pp. 157-162
- Bósquez-Molina, E. y Vernon-Carter, J. E. 2003a.** Efecto de plastificantes y calcio en la permeabilidad al vapor de agua de películas a base de goma de mezquite y cera de candelilla. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 4:157-162.





- Bosquez-Molina, E., Guerrero-Legarreta, I. and Vernon-Carter, J. E. 2003b.** Moisture barrier properties and morphology of mesquite gum-candelilla wax based edible emulsion coatings. *Food Research International*, 9:885-893.
- Bosquez-Molina, E. (2005).** Desarrollo de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para la conservación de frutas, *Food Res. Int.* 9, 885–893.
- Capistrano-Moreira, R., Pedro-Jacomino, A., Carranco-Alleoni, A. C., De Arruda, M. C. and Rosa-Gallo, C.** Recobrimentos Comestíveis Paratangor 'Murcott' Minimamente Processado: Aspectos Microbiológicos. Proyecto XI.22 Desarrollo de tecnologías para la conservación de vegetales frescos cortados. USP/ESALQ, Depto de Agroindústria, Alimentos e Nutrição.
- CENAMEX. 2007.** Ceras naturales mexicanas SA de CV. Boletín informativo, impreso en México.
- CIQA. (2007).** *Asociados tecnológicos.* <http://www.ciqa.mx/>. Disponible: <http://www.candelilla.org/es/asociados.htm>. (7 de febrero de 2009).
- CONAZA. (2007).** Comisión Nacional de Zonas Áridas. Disponible: <http://200.76.22.174/>
- Cuq, B., Gontard, N. and Guilbert, S. (1995).** Edible films and coatings as active layers. En Rooney, M.L. (Ed.): *Active Food Packaging*. London: Blackie Academic & Professional, 111-135.
- Davidson, P. M. S. and Zivanovic, (2003).** The use of natural antimicrobials. En: Food Preservation Techniques. *Zeuthen P, L Bogh-Sorensen. (Ed.)*. Washington, D.C., USA. Chap. 2: 5-29.
- Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J. A. and Voilley, A. (1998).** Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38(4): 299-313.





- De León-Zapata, M. A.** (2008). *Mejoras tecnológicas al proceso de extracción de cera de candelilla*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Edo. de Coah. 58 p.
- Wittig, D. P. E.,** (2001). Evaluación Sensorial Una metodología actual para tecnología de alimentos, biblioteca digita. Disponible en: http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wittinge01/index.html
- FAGRO.** (2009). Facultad de agronomía Universidad de la república <http://www.fagro.edu.uy>. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~poscosecha/docgs/Materiales%20de%20Apoyo/enfermedades%20de%20poscosecha%20en%20frutas.pdf> (8 de enero de 2009)
- FAO.** (2008) organización de las naciones unidas http://www.fao.org/index_ES.htm Disponible en; <http://www.fao.org/countryprofiles/index.asp?lang=es&ISO3=MEX> (03 de febrero de 2009)
- Farag, R. S., Z. Y. Dw. and S. H. Abo-rya.** (1989). Influence of Some Spice Essential Oils on *Aspergillus parasiticus* Growth and Production of Aflatoxins in a synthetic medium. *J. Food Sci.* 54: 74.
- FDA,** 1982. Candelilla wax, proposed affirmation of GRAS status as a direct human food ingredient. Fed. Reg. 47: 35776-35777.
- Fernández, M.** (2000). Review: active packaging of foods. *Food Science and Technology International*, 6:97-108. Kester J, Fenema O (1986) Edible films and coatings: A review. *Food Technology*, 40:47-59.
- Galiotta, G., Harte, F., Molinari, D., Capdevielle, R. y Diano, W.** (2004) Aumento de la vida útil poscosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, v.6, n. 2, p. 117-123.





Ghaouth, E. L., Arul, J. and Ponnampalam, R. (1991) Use of chitosan coating to reduce water loss and maintain quality of cucumber and bell pepper fruits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 15:359-368.

Gennadios, A., McHugh, T. H., Weller, C. L., and Krochta, J. M. (1994). Edible coatings and films based on proteins. In J. M. Krochta, E. A. Baldwin, & M. O. Nisperos-Carriedo (Eds.), *Edible coatings and films to improve food quality* (pp. 201–277). Lancaster, Pennsylvania: *Technomic Publishing Co., Inc.*

Gómez, E. J., Bravo, L. M. C., Gómez-Guillen., Alemán, A. and Montero, P. (2009). Antioxidant properties of tuna-skin and bovine-hide gelatin films induced by the addition of oregano and rosemary extracts. *Food Chemistry*. 112: 18-25.

Gonzales-Aguilar, G. A., Monroy-Garcinia, I. N., Goycoolea-Valencia, F., Diaz-Cinco, M. E., Ayala-Zavala, J. F., (2005) Cubiertas comestibles de quitosano. Una alternativa para prevenir el deterioro microbiano y conservar la calidad de papaya fresca cortada. *Proceedings of the Symposium “Nuevas tecnologías de conservación y envasado de frutas y hortalizas. Vegetales frescos cortados” La Habana, Cuba.* 121-133.

Guilbert, S. and Biquet, B. (1986). Technology and application of edible protective films. *En “Food packaging and preservation”*. Editado por Mathlouthi, M. Ed. Elsevier. Londres.

Hasler, C. M., Huston, R. L., Caudill, E. M., 1998a. In: Two Decades of Nutrition Labeling. DeKror M (ed.) *Nutrition International Inc., Dayton, N. J.*

Hasler, C. M., 1998b. Functional foods: Their role in disease prevention and health promotion. Scientific Status Summary. *Food Technology*, 52:63-70.





- Hernandez, E.** (1994). Edible coatings from lipids and resins. In J. M. Krochta, E. A. Baldwin, & M. O. Nisperos-Carriedo (Eds.), *Edible coatings and films to improve food quality* (pp. 279–303). Lancaster, Pennsylvania: Technomic Publishing Co., Inc.
- Hertog, M. G.,** 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: The Zutphen Elderly study. *Lancet*, 342:1007-1011.
- Holser, R. A.,** and Akin, D. E. 2008. Extraction of Lipids from Flax Processing Waste Using Hot Ethanol. *Industrial Crops and Products*. 27: 236-240.
- INFOAGRO,** (2009). Información técnica agrícola <http://www.infoagro.com/>
Disponible:
http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/manzana3.htm (06 de enero de 2009)
- INSTITUTO DE LA CANDELILLA,** (2008). Instituto de la candelilla. Disponible:
<http://www.candelilla.org/es/>. (23 de abril de 2008).
- Johnston, M. C.,** Krochta, J.M. (1997) Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technol.* 51: 60-74.
- Kester, J. J.** and Fennema, O. R. (1986). Edible films and coatings: a review. *Food thechnol.* 12: 47-59.
- Koelsch, C.** (1994). Edible water vapor barriers: properties and promise. *Trends in Food Science and Technology*, 5:76-81.
- Larmond, E.** (1977). Laboratory methods for sensory evaluation of foods, *can.* Dept. Agr. Publ. 1937.
- Lu, X.,** Kalman, B. and Redelius, P. (2008). A new test method for determination of wax content in crude oils, *residues and bitumens*. *Fuel*. 87: 1543-1551





- Miranda, M.** (2003). Comportamiento de películas de Quitosán compuesto en un modelo de almacenamiento de aguacate. *Revista de la Sociedad Química de México*, 47, 4, 331-336.
- Miranda, S, P., Cárdenas G., López D., Alma V. L.** (2003) *Journal Of the Mexican Chemical Society*, Vol. 47 pp.331-336
- MULTICERAS**, (2007). Instituto de la candelilla <http://www.multiceras.com.mx/>
Disponible e: <http://www.multiceras.com.mx/pro-candelilla.htm>. (28 de enero de 2009)
- Najjaa, H., Neffati, M., Zouari, S. and Ammar, E.** (2007). Essential oil composition and antibacterial activity of different extracts of *Allium roseum* L., a North African endemic species. *C. R. Chimie*. 10: 820-826.
- Nisperos-Carriedo, M. O.** (1994). Edible coatings and films based on polysaccharides. In J. M. Krochta, E. A. Baldwin, & M. O. Nisperos-Carriedo (Eds.), *Edible coatings and films to improve food quality* (pp. 305–335). *Lancaster, Pennsylvania: Technomic Publishing Co., Inc.*
- Park, H. J. and Chinnan, M. S.** (1993) Gas and water vapor barrier properties of edible films from protein and cellulosic materials. *Journal of Food Engineering*, 25:497-507.
- Park, H. J., Weller, C. L., Vergano, P. J. and Testin, R. F.** (1996). Permeability and mechanical properties of cellulose-based edible films. *Journal of Food Science*, 58:1361-1364.
- Park, H. J.** (1999). Development of Advanced Edible Coatings for Fruits. *Trends Food Sci. Technol.* 10: 254-260.
- Pérez-Elortondo, F. J., Ojeda, M., Albisu, M., Salmerón, J., Etayo, I. and Molina M.** (2007). Food quality certification: An approach for the development of accredited sensory evaluation methods. *Food Quality and Preference*, 18 (2), 425-439.





- Petit-Jiménez, D., Bringas-Taddei, E., Mercado-Ruiz, J. y García-Robles, J.** (2004). Efecto del calcio y cera comestible en la calidad mangos „kent“ durante el almacenamiento. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 21 Supl. 1: 351-358.
- Ribeiro, C., Vicente, A. A., Teixeira J. A., Miranda, C.** (2007). Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence *Postharvest Biology and Technology* 44, 63–70
- Rojas-Graü, M. A., Avena-Bustillos, R. J., Friedman, M., Henika, P. R., Martín-Belloso, O., McHugh, T. H., Mechanical, Barrier, and Antimicrobial Properties of Apple Puree Edible Films Containing Plant Essential Oils.** *Journal Agricultural and Food Chemistry* (2006); 54(24): 9262-9267.
- Rojas Molina, R.** (2008) *Estudio de la actividad antifúngica de cubiertas comestibles en ensayos in vitro e in situ sobre aguacate Hass*. Tesis Profesional. División de Ciencia Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Edo. de Coah. 98 p
- Sánchez, R. L.** (2003). Los Productos Forestales no Maderables de México. Universidad Autónoma de Chapingo (versión preliminar). División de Ciencias Forestales. 58-59.
- Saucedo Pompa, S.** (2007). *Desarrollo de películas comestibles a partir de cera de candelilla y activos antioxidantes*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Edo. de Coah. 99 p.
- Saucedo-Pompa, S., Rojas-Molina, R., Aguilera-Carbó, A.F., Saenz-Galindo, A., Garza, H.d.L., Jasso-Cantú, D., Aguilar, b.N.** (2009) Edible film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado, *Food Research International*, doi: 10.1016/j.foodres.2009.02.017





SIACON (2007) sistema de información agroalimentaria disponible en http://www.oedrus-tamaulipas.gob.mx/cd_anuario_06/SIACON_2007.html (10 de febrero de 2009)

So, F. V., Guthrie, N., Chambers, A. F., Moussa, M., Carroll, K. K., (1996). Inhibition of human breast cancer cell proliferation and delay of mammary tumorigenesis by flavonoids and citrus juices. *Nutr. Cancer* 26:167-181.

Soliva-Fortuny, R. C., Martín-Belloso, O. (2001). Evaluation of zein films as modified atmosphere packaging for fresh broccoli. *J. Food Sci.* 66(8): 1108-1111.

Stratford M, T. and Eklund. (2003). Organic acids and esters. En: Food Preservatives. Russell NJ, GW Gould. (Eds). Second edition. Kluwer Academic/Plenum Publishers. London, UK.

Tawil-Bouchez, M. E. (2003). *Efecto de cubiertas de quitosano con características hidrofóbicas en la vida de anaquel de zanahorias mínimamente procesadas.* Tesis Profesional, Universidad de las Américas. Puebla.

Tejada, L., Abellán, A., Cayuela, J.M., Martínez-Cacha, A. (2006). Sensorial characteristics during ripening of the murcia al vino goat's milk cheese: the effect of the type of coagulant used and the size of the cheese. *Journal of Sensory Studies* 21 (3), 333–347.

Trejo-Márquez, M. A., Ramos, L. K. y Pérez, G. C. (2007). Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina sobre la calidad de fresa (*fragaria vesca L.*) almacenada en refrigeración. *Memorias del V congreso iberoamericano de tecnología postcosecha y agroexportaciones*





UANL. 2007. Universidad Autónoma de Nuevo León. www.uanl.mx

UNIFRUT. (2008) Unión agrícola www.unifrut.com.mx. Disponible en:
http://www.unifrut.com.mx/index_archivos/laboratorios/fitopatologia.htm
(24 de enero de 2009)

Vasconcellos, J. A. (1994). Alimentos Funcionales. Conceptos y Beneficios Para la Salud. Departamento de Ciencias de Alimentos y Nutrición, Universidad Chapman, Orange, California, U.S.A.

Vernon, E. J., Pez, L. J., Garc, H. S. (1999). Uso de recubrimientos biopolimericos como coadyuvantes en el tratamiento fitosanitario de mango (*Mangifera indica*. Variedad Manila). *Revista Dintel.* (México). 7, A 5. pp: 42-48.

Wittig, P. E., Curia, A., Calderón, S., López, L., Fuenzalida, R., Hough, G. 2005. Un estudio transcultural de yogurt batido de fresa: aceptabilidad con consumidores versus calidad sensorial con paneles entrenados. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 55 (1), 77-85.

Whitaker, John 1941. *Revista Nature.*





Anexos cuadro 1

Numero de juicios (set X jueces)	Mínimo de juicios correctos para establecer diferencias significativas		
	p = .05	p = .01	p = .001
15	9	10	12
16	10	11	12
17	10	11	13
18	10	12	13
19	11	12	14
20	11	13	14
21	12	13	15
22	12	14	15
23	13	14	16
24	13	14	16
25	13	15	17
26	14	15	17
27	14	16	18
28	15	16	18
29	15	17	19
30	16	17	19
31	16	18	19
32	16	18	20
33	17	19	20
34	17	19	21
35	18	19	21
36	18	20	22
37	18	20	22
38	19	21	23
39	19	21	23
40	20	22	24
41	20	22	24
42	21	22	25
43	21	23	25
44	21	23	25
45	22	24	26
46	22	24	26
47	23	25	27
48	23	25	27
49	23	25	28
50	24	26	28

El cuadro 1 ha sido reproducida de la Tabla de E.B. Roessler, J. Warren y J.F. Guymon, publicada en Food Research, 13, 503-505 (1948).

