

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UNA PELÍCULA COMESTIBLE A BASE DE  
QUITOSANO CON ANTIMICROBIANO NATURAL**

**POR**

**TANIA MAGDALENA NORIEGA ALAMÁN**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:**

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Buenavista Saltillo Coahuila México, Marzo de 2011.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

POR:

TANIA MAGDALENA NORIEGA ALAMÁN

Que somete a consideración del honorable jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

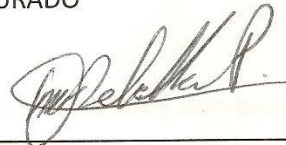
APROBADA



M.C. XOCHITL RUELAS CHACÓN  
PRESIDENTE DEL JURADO



DR. ERNESTO CERNA CHAVEZ  
VOCAL



M.C. OSCAR NOÉ REBOLOSO PADILLA  
VOCAL



ING. JESÚS ALBERTO MELLADO BOSQUE  
VOCAL



DR. RAMIRO LÓPEZ TRUJILLO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



COORDINACION DE  
CIENCIA ANIMAL

Buenavista Saltillo Coahuila, Marzo de 2011

## AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por regalarme la vida y estar siempre conmigo en los momentos difíciles, demostrándome que cuento con él cuando más lo necesito, por todas las cosas maravillosas que me ha dado y prestado. Gracias Señor por vivir en mi corazón, por todo el amor que me has demostrado.

A mi ALMA TERRA MATER por cobijarme estos años y darme las herramientas necesarias para salir adelante cada día, gracias por la oportunidad pues no me imagino haber estado en mejor lugar.

A la M. C. Xochitl Ruelas Chacón por su confianza, disponibilidad, tiempo y conocimientos compartidos para la realización de este trabajo.

Al M. C. Oscar Noé Reboloso Padilla por su ayuda y compartir sus conocimientos.

Al Dr. Ernesto Cerna Chávez por su disponibilidad y su ayuda durante la realización de este trabajo.

Al Ing. Jesús Alberto Mellado del Bosque por su disponibilidad y aportaciones.

Al Dr. Antonio Aguilera Carbó por su cariño y amistad durante este tiempo.

A las T. L. Q. Laura Aguirre Gómez y María Guadalupe Pérez Ovalle así como la Ing. María de Jesús Sánchez, por su tiempo, disposición y amistad, así como cada una de sus aportaciones.

A mis compañeros de la generación CX de Ing. en Ciencia y Tecnología de Alimentos por su cariño y amistad, en especial a Dalia Amada Solís C, Yaribeth Narcia R., Nayeli del Rosario Monzón T., Juan Castro R., Diego Armando García S., Alfredo Avendaño A., Ignacio Cristóbal Colón A., Antonio Mata C., Diana Ivón Luna S., Valentina Ramos P., Antonia Hernández Á.; gracias por compartir muchos momentos alegres que recordaré con mucho cariño.

## DEDICATORIA

A mi madre. *Sergia Noriega Alarcón*

Gracias por todos los momentos que hemos compartido  
momentos llenos de sentimientos y pensamientos,  
sueños y anhelos, secretos, risas y lágrimas,  
y sobre todo amistad.  
Cada preciado segundo quedará atesorado  
eternamente en mi corazón.

Gracias por dedicarme tiempo,  
tiempo para demostrar tu preocupación por mí,  
tiempo para escuchar mis problemas  
y ayudarme a buscarles solución, y sobre todo,  
tiempo para sonreír y mostrarme tu afecto.

Gracias por ser lo que eres, una persona maravillosa.  
Pude contar contigo  
cuando necesitaba en quien confiar  
y pedir consejo.  
Gracias a ti comencé a conocerme  
e incluso a apreciar lo que soy.

¿Cómo podré expresarte  
todo el CARIÑO, AMOR Y ADMIRACIÓN que te tengo?

Gracias por ser así mamita, porque para mí tú eres la mujer más valiente y admirable,  
pues has dado tantas cosas para que yo esté bien, la verdad no encuentro palabras  
para agradecerte todo lo que me has dado... TE AMO.

- ✿ A mi hermano Alejandro García Noriega porque estando contigo simplemente  
estoy contenta, gracias por tus consejos, por cuidar a mi mamá con tanto cariño  
durante mi ausencia, por tu tiempo compartido, por ayudarme...gracias por  
tantas risas =D
- ✿ A mis hermanos (as) por su cariño y alentarme siempre, los quiero mucho a  
todos.
- ✿ A Darío Regino Martínez, por todo el tiempo que llevamos juntos, tiempo en el  
que hemos pasado por momentos de tristeza y alegría, en el que me has  
demostrado tu apoyo incondicional y me has enseñado a compartir, a esperar y  
mantener la calma, siempre con una pizca de alegría...gracias Darío por  
quererme a pesar de muchas situaciones... Te Amo

## INDICE GENERAL

<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos .....	2
1.3 Hipótesis .....	2
1.4 Justificación .....	2
<b>CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Productos vegetales frescos cortados.....	3
2.1.2 Características de calidad de productos vegetales frescos cortados .....	3
2.1.3 Condicionantes de la calidad de productos vegetales cortados .....	3
2.1.4 Estado de madurez y fisiológico del vegetal .....	3
2.1.6 Productos vegetales mínimamente procesados.....	4
2.1.7 Parámetros de calidad.....	4
2.1.7.1 Color.....	4
2.1.7.2 Firmeza .....	4
2.1.7.3 Carga microbiana .....	5
2.1.7.3.1 Hongos y levaduras.....	5
2.1.7.3.2 Bacterias mesofílicas aerobias .....	5
2.1.8 Pelado y troceado.....	5
2.2 El manzano.....	5
2.2.1 Taxonomía.....	6
2.2.2 Golden Delicious.....	6
2.2.3 Composición nutricional.....	6
2.2.4 Fisiopatías de la manzana Golden Delicious .....	7
2.2.5 Enfermedades .....	8
2.3 Antimicrobianos naturales .....	8
2.3.1 Aceites esenciales .....	8
2.4 Técnicas de aislamiento de principios activos.....	9
2.4.1 Destilación por arrastre de vapor .....	9
2.4.2 Extracción de principios activos.....	10

2.4.2.1 Decocción.....	10
2.4.2.2 Maceración.....	10
2.4.3 Otras técnicas.....	10
2.4.3.1 Tintura.....	10
2.4.3.2 Infusiones en aceite caliente.....	11
2.4.3.3 Infusiones en aceite frío.....	11
2.5 Canela.....	11
2.5.1 Descripción.....	11
2.5.2 Aceite de canela.....	12
2.6 Películas comestibles.....	12
2.6.1 Características.....	12
2.6.2 Función de las películas.....	13
2.6.3 Formación de las películas.....	13
2.6.4 Métodos o técnicas de aplicación.....	14
2.6.4.1 Aplicación por inmersión.....	14
2.6.4.2 Aplicación por aspersión.....	14
2.6.4.3 Aplicación por frotación.....	14
2.7 Quitosano.....	14
2.7.1 Hipótesis sobre los mecanismos de acción del quitosano.....	15
2.7.2 Obtención del quitosano.....	16
2.7.3 Aplicaciones del quitosano.....	17
2.7.3.1 Industria alimentaria.....	17
2.7.3.2 Farmacia y medicina.....	17
2.7.3.3 Agricultura y ganadería.....	17
2.7.3.4 Industria textil y cosméticos.....	18
2.7.3 Efecto del quitosano en el control de microorganismos patógenos postcosecha.....	18
2.8 Evaluación sensorial.....	19
2.8.1 Propiedades sensoriales.....	19
2.8.2 Factores que influyen en la evaluación sensorial.....	19
2.8.3 Tipos de jueces.....	19
2.8.3.1 Juez experto.....	20

2.8.3.2 Juez entrenado .....	20
2.8.3.3 Juez semientrenado .....	20
2.8.3.4 Juez consumidor .....	20
2.8.4 Clasificación de las pruebas sensoriales .....	20
2.8.4.1 Pruebas afectivas .....	21
2.8.4.2 Prueba de preferencia .....	21
2.8.4.3 Prueba de nivel de agrado o hedónica .....	21
2.8.4.4 Prueba de aceptación .....	21
2.8.4.5 Pruebas discriminativas .....	22
2.8.4.6 Pruebas descriptivas .....	22
<b>CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
3.1 Material de laboratorio .....	23
3.2 Material vegetal .....	24
3.3 Equipo utilizado .....	25
3.4 Reactivos .....	25
3.5 Extracción de principios activos .....	26
3.6 Procedimiento para la formulación de película .....	26
3.8 Aplicación de la película .....	27
3.9 Almacenamiento de la muestra .....	28
3.10 Análisis de la muestra .....	28
3.11 Determinación de color .....	28
3.12 Determinación de firmeza .....	29
3.13 Análisis microbiológico .....	30
3.14 Evaluación sensorial .....	31
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>32</b>
4.1 Determinación de color .....	32
4.1.1 Luminosidad .....	32
4.1.2 Cromaticidad (-a* verde) .....	33
4.1.3 Cromaticidad (+b* amarillo) .....	34
4.2 Firmeza .....	35
4.3 Análisis microbiológico .....	36

4.3.1 Hongos y levaduras .....	36
4.3.2 Bacterias mesofílicas aerobias .....	38
4.4 Evaluación sensorial .....	39
4.4.1 Apariencia.....	39
4.4.2 Olor.....	40
4.4.3 Sabor .....	41
4.4.4 Textura .....	41
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>48</b>



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica del manzano .....	6
<b>Tabla 2.</b> Composición de la manzana (100g).....	7
<b>Tabla 3.</b> Principales funciones de las películas comestibles .....	13
<b>Tabla 4.</b> Componentes para elaborar la película de quitosano con antimicrobiano.....	26

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Manzana Golden Delicious.....	6
<b>Figura 2</b>	Canela (Cinnamomum zeylanicum-verum).....	12
<b>Figura 3</b>	Estructura química de la molécula de quitosano.....	15
<b>Figura 4</b>	Obtención del quitosano desde los residuos de crustáceos.....	16
<b>Figura 5</b>	Canela sumergida en aceite de maíz.....	27
<b>Figura 6</b>	Preparación de la película.....	27
<b>Figura 7</b>	Manzanas sumergidas en solución de Sulfito de sodio al 0.5%.....	27
<b>Figura 8</b>	Cortador de papas en bastón manual.....	27
<b>Figura 9</b>	Aplicación de la película por inmersión.....	28
<b>Figura 10</b>	Ecurrido del exceso de película.....	28
<b>Figura 11</b>	Almacenamiento de la muestra.....	28
<b>Figura 12</b>	Fotocolorímetro MINOLTA CR- 300.....	29
<b>Figura 13</b>	Diagrama de color L*a*b.....	29
<b>Figura 14</b>	Determinación de firmeza con penetrómetro FT-327.....	29
<b>Figura 15</b>	Procedimiento para la preparación de diluciones.....	30
<b>Figura 16</b>	Vaciado de agar.....	31
<b>Figura 17</b>	Contador de colonias.....	31
<b>Figura 18</b>	Material proporcionado para la realización de la evaluación sensorial...	31
<b>Figura 19</b>	Juez evaluando las muestras.....	31
<b>Figura 20</b>	Luminosidad (L*).....	32
<b>Figura 21</b>	Coordenadas de cromaticidad (a*).....	33
<b>Figura 22</b>	Coordenadas de cromaticidad (b*).....	34
<b>Figura 23</b>	Firmeza (Kg/cm <sup>2</sup> ).....	35
<b>Figura 24</b>	Hongos y levaduras (dilución 10 <sup>-3</sup> ).....	37
<b>Figura 25</b>	Hongos y levaduras (dilución 10 <sup>-4</sup> ).....	37
<b>Figura 26</b>	Bacterias mesofílicas aerobias (dilución 10 <sup>-3</sup> ).....	38
<b>Figura 27</b>	Bacterias mesofílicas aerobias (dilución 10 <sup>-4</sup> ).....	38
<b>Figura 28</b>	Comportamiento de la variable apariencia.....	40
<b>Figura 29</b>	Comportamiento de la variable olor.....	40
<b>Figura 30</b>	Comportamiento de la variable sabor.....	41
<b>Figura 31</b>	Comportamiento de la variable textura.....	42

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue el diseño y evaluación de una película comestible a base de quitosano con la adición de un antimicrobiano para alargar la vida de anaquel de la manzana mínimamente procesada.

Para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza factorial con interacción entre factores y una prueba de separación de medias Duncan en los casos donde se aplica. Los parámetros de calidad a evaluar fueron: color, firmeza, crecimiento microbiano y evaluación sensorial; las evaluaciones se realizaron en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Los tratamientos utilizados corresponden a 1=0%, 2=0.2%, 3=0.4%, 4=0.6%, 5=0.8%, 6=1.0% y 7=1.5% de concentración de aceite de canela agregado a la película, almacenados durante 10 días, con evaluación al primer día, quinto día y décimo día; los resultados reportados corresponden sólo a las dos últimas evaluaciones.

En cuanto a color las muestras tratadas con película son las que presentan una degradación de color menor en comparación con la muestra testigo durante los primeros cinco días de almacenamiento; en lo que se refiere a firmeza sucede algo similar, pues siguen conservando una firmeza parecida a la original.

El crecimiento microbiano en trozos de manzana no tratados fue muy elevado en comparación con los que fueron cubiertos en película (hasta 200%); mientras que en la evaluación sensorial los jueces no encontraron diferencia en cuanto a apariencia, olor y textura, sólo en sabor debido al resabio de la película, prefiriendo la muestra testigo pues solo fue sumergida en sulfito de sodio para evitar oxidación conservando ésta el sabor característico a manzana.

**Palabras clave: aceite de canela, quitosano, película comestible, evaluación sensorial.**

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha habido un incremento considerable en el consumo de frutas y hortalizas frescas o mínimamente procesadas, debido a los múltiples beneficios que proporcionan sobre la salud de los consumidores, la falta de tiempo para su preparación o simplemente la comodidad (Rojas, 2006).

Las frutas y hortalizas mínimamente procesadas, son aquellas que pasan por diversas operaciones unitarias (sencillas) de preparación, las cuales además producen cambios directos en las frutas frescas, tales como la pérdida de agua, el pardeamiento enzimático, ablandamiento por rompimiento de tejidos, aumento de respiración y por lo tanto producción de etileno (Rojas, 2006).

Estos fenómenos fisiológicos son responsables de los cambios bioquímicos que llevan a la degradación de propiedades sensoriales de las frutas y hortalizas recién cortadas. La aplicación de técnicas que permitan controlar los factores alterantes en frutas frescas cortadas es actualmente objeto de muchas investigaciones en el campo de la ciencia y tecnología de los alimentos.

Los recubrimientos y películas comestibles constituyen una estrategia para reducir los efectos perjudiciales del procesado mínimo en los tejidos vegetales de frutas y hortalizas frescas cortadas (Salvador y et al., 2003).

Para poder asegurar la estabilidad, calidad nutricional y organoléptica de este tipo de productos debe conocerse la fisiología del fruto, tanto entero como cortado, además de todos aquellos componentes propios del producto original que puedan verse afectados por la manipulación y el almacenamiento.

Controlar todos los factores que pueden influir directa o indirectamente sobre la calidad de productos vegetales frescos cortados es de suma importancia para la aceptación y el éxito final de estos productos, también denominados productos de la IV Gama. Salunkhe y Desai (1991) definieron a los alimentos de IV Gama como: “aquellas frutas y hortalizas procesadas para aumentar su funcionalidad sin cambiar de forma apreciable sus propiedades originales” (Rojas, 2006).

Más comúnmente se definen como hortalizas y frutas frescas limpias, troceadas y envasadas, que mantienen sus propiedades naturales y que están listas para ser consumidas. Este tipo de productos se envasa generalmente en atmósferas modificadas y requieren ser conservado a bajas temperaturas (2 y 4°C), mostrando una vida útil entre 7 y 10 días (Rojas, 2006).

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Diseñar y evaluar una película comestible de quitosano para alargar la vida de anaquel de la manzana mínimamente procesada.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- a. Diseñar la película comestible a base de quitosano y extracto de canela como antimicrobiano.
- b. Evaluar la aplicación de la película a la manzana mínimamente procesada.
- c. Analizar el efecto de la película sobre la vida de anaquel de la manzana.
- d. Realizar análisis sensorial de preferencia de las manzanas mínimamente procesadas y con película comestible.

## **1.3 Hipótesis**

La aplicación de una película a base de quitosano y aceite de canela en manzana mínimamente procesada alarga la vida de anaquel de la misma.

## **1.4 Justificación**

El estilo de vida que se tiene en la actualidad hace que surjan otro tipo de necesidades, tal es el caso de los alimentos mínimamente procesados, los cuales aportan un contenido nutrimental muy similar a los productos frescos, están listos para consumir y son muy prácticos de transportar.

Esta investigación tiene como propósito la aplicación de una película comestible a base de quitosano y extracto de canela, que ayude a alargar la vida de anaquel de trozos de manzana, disminuyendo su respiración, actividad enzimática y proliferación de microorganismos indeseables.

## **CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Productos vegetales frescos cortados**

#### **2.1.2 Características de calidad de productos vegetales frescos cortados**

El consumo de frutas y hortalizas en la dieta diaria tiene un efecto benéfico para la salud, ya que son una excelente fuente de vitaminas, minerales y fibra, además de poseer bajo contenido calórico. Sin embargo, este consumo es todavía muy bajo con respecto a las recomendaciones hechas por profesionales de la salud. La introducción en los mercados de los productos frescos cortados es una forma de incrementar el consumo de frutas y hortalizas dentro de la población, debido a su atractiva presentación, apariencia y sabor (Rojas, 2006).

#### **2.1.3 Condicionantes de la calidad de productos vegetales cortados**

Son varias las características que definen a un producto fresco cortado de buena calidad.

Apariencia fresca, textura aceptable, buen sabor y olor, seguridad microbiológica y vida útil suficientemente larga que permita incluir al producto dentro de un sistema de distribución, son algunos de los requisitos para que un producto sea considerado de calidad. Si alguno de estos requisitos no se cumple o se encuentra por debajo de los valores mínimos aceptables para cada parámetro, el producto pierde automáticamente su valor comercial (Rojas. 2006).

#### **2.1.4 Estado de madurez y fisiológico del vegetal**

La maduración se considera como un complejo fenómeno de diferenciación bioquímica controlado esencialmente por cuatro mecanismos reguladores:

- a) Un aumento de la síntesis de enzimas y ácidos nucleicos.
- b) La regulación de sistemas enzimáticos.
- c) Cambios de permeabilidad en membranas y en la ultra estructura celular.
- d) Una modificación de los mecanismos hormonales.

Durante la maduración se produce una mayor producción de etileno y la tasa de respiración aumenta. El etileno parece ser responsable de la síntesis de enzimas involucradas en cambios físicos, químicos y metabólicos en los tejidos vegetales que

tienen una importante influencia en las características sensoriales relacionadas con el sabor y la firmeza del fruto (Hernández y et al, 2005).

En rodajas de manzana y pera fresca cortada, la producción de etileno fue dos veces superior en la fruta procesada en un estado de madurez intermedio en comparación con la más madura (Rojas, 2006).

### **2.1.6 Productos vegetales mínimamente procesados**

La obtención de productos vegetales mínimamente procesados comienza por una buena selección de la materia prima. La misma debe recolectarse cuidadosamente, en óptimas condiciones higiénicas y con el adecuado grado de madurez (Bautista et al., 2004).

Es aconsejable realizar la recolección antes de que se alcance la plena madurez organoléptica, ya que así la textura es más firme y se minimizan los daños mecánicos durante la manipulación. No debe olvidarse que una recolección demasiado anticipada al punto óptimo de cosecha, pone en juego características tan importantes en estos productos como sabor, olor y color. Por el contrario, un retraso en la recolección implica una mayor actividad fisiológica, mayor sensibilidad a los daños mecánicos y a determinadas alteraciones fisiológicas, así como crecimiento fúngico (Bautista et al., 2004).

### **2.1.7 Parámetros de calidad**

#### **2.1.7.1 Color**

Los cambios de color tienen lugar en la piel y pulpa del fruto como consecuencia de las modificaciones de los pigmentos fotosintéticos. Para la determinación de la madurez sobre la base del color, se utilizan escalas visuales como el diagrama de cromaticidad que ilustran la ubicación del color y a través de un colorímetro se pueden obtener los valores a considerar para ver el grado de madurez de un fruto (Aguilar, 2004).

#### **2.1.7.2 Firmeza**

La firmeza es una característica que determina la calidad y vida postcosecha de muchos frutos y hortalizas. Previo a la maduración, las hortalizas tienen una estructura

celular rígida ordenada y bien definida, mientras que las paredes celulares blandas y difusas caracterizan los tejidos vegetales de los productos maduros (Aguilar, 2004).

### **2.1.7.3 Carga microbiana**

#### **2.1.7.3.1 Hongos y levaduras**

Los hongos son organismos que poseen núcleo verdadero, carecen de clorofila, se reproducen sexual o asexualmente por esporas y pueden tener forma multicelular filamentosa (moho) o ser células individuales en gemación (levaduras).

La presencia de estos organismos en alimentos o derivados es indicativa de prácticas higiénicas defectuosas durante su elaboración o almacenamiento, pues al ser esporulados se difunden rápido a través de la tierra o el polvo (Reboloso, 2010).

#### **2.1.7.3.2 Bacterias mesofílicas aerobias**

Las bacterias mesofílicas aerobias son todas las bacterias capaces de desarrollarse en un medio nutritivo (20°-37°C) en condiciones de aerobiosis.

Determinan la posible presencia de bacterias patógenas. Indican la cantidad sanitaria de un alimento natural o ya procesado; estiman la duración de la vida de anaquel de un producto, ya que generalmente existe una relación directa entre el grado de descomposición y el contenido microbiano (excepto productos fermentados o maduros) (Reboloso, 2010).

### **2.1.8 Pelado y troceado**

Entre las operaciones unitarias, el pelado y troceado constituyen etapas críticas que tienen una influencia determinante en la calidad del producto final y que por lo tanto deben llevarse a cabo produciendo el mínimo daño posible al tejido, ya que la rotura de éste por el corte supone un incremento de la respiración y transpiración que conducen a un rápido deterioro del producto, con la consecuente pérdida de sus características sensoriales y nutricionales originales (Rojas, 2006).

## **2.2 El manzano**

Se cree que la manzana, como fruta moderna, se originó en el suroeste de Asia, donde una mezcla de especies nativas *Malus* pudieron dar un fruto de tamaño y calidad atractivos para el hombre. Este frutal fue traído por primera vez a América por



pobladores europeos. El manzano es un árbol de tercera dimensión, pues su altura es de 6 a 10 m, de raíces con magnitudes de 3 a 8 m, tronco tortuoso, de ramas gruesas y copa ancha (Anónimo 1, 2011).

### 2.2.1 Taxonomía

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica del manzano

<b>Reino:</b>	Vegetal
<b>División:</b>	Traqueofitas
<b>Subdivisión:</b>	Pteropsidas
<b>Clase:</b>	Angiospermas
<b>Subclase:</b>	Dicotiledónea
<b>Orden:</b>	Rosales
<b>Familia:</b>	Rosaceae
<b>Género:</b>	<i>Pyrus</i>
<b>Especie:</b>	<i>malus</i>

Fuente: Anónimo 1, 2011

### 2.2.2 Golden Delicious

Variedad de origen americano, una de las más cultivadas en todo el mundo. Su piel es amarilla verdosa con pequeños puntos oscuros que se llaman lenticelas y que son los órganos respiratorios de la fruta. Su forma es redonda y regular. La carne es jugosa, crujiente, dulce y aromática (Figura 1). Se encuentra en las fruterías a partir del mes de septiembre y durante todo el año hasta finales del agosto siguiente (Anónimo 2, 2011).



**Figura 1.** Manzana Golden Delicious

### 2.2.3 Composición nutricional

Desde el punto de vista nutritivo la manzana es una de las frutas más completas y enriquecedoras en la dieta. Resulta muy refrescante e hidratante. Los azúcares, la mayor parte fructosa y en menor proporción, glucosa y sacarosa, de rápida asimilación

en el organismo; son los nutrientes más abundantes después del agua. El potasio, es un mineral necesario para la transmisión y generación del impulso nervioso y para la actividad muscular normal, interviene en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula (Tabla 2). Las extraordinarias propiedades dietéticas que se le atribuyen a esta fruta se deben en gran medida a los elementos fitoquímicos que contiene, entre ellos, flavonoides y quercitina, con propiedades antioxidantes (Anónimo 2, 2011).

**Tabla 2.** Composición de la manzana (100g)

Agua	84%
Proteína	0.2g
Grasa	0.6g
Carbohidratos	14.1g
Vitamina A	0.04mg
Vitamina B <sub>1</sub>	0.03mg
Niacina	0.1mg
Vitamina C	7mg
Calcio	7mg
Fósforo	10mg
Hierro	0.3mg
Sodio	1mg
Potasio	110mg
Aporta 56 calorías.	

**Fuente:** Anónimo 2, 2011

#### 2.2.4 Fisiopatías de la manzana Golden Delicious

- ✿ Arrugamiento. Las manzanas Golden Delicious son particularmente susceptibles a la pérdida de agua. Esta disminución puede ser tan alta como 3 a 6%. El enfriamiento rápido, almacenaje de la fruta en cajas con películas plásticas y los equipos de refrigeración bien diseñados reducirán la pérdida de agua.
- ✿ Magulladuras. Pueden ser excesivos, especialmente en Golden Delicious donde el daño por golpes es más evidente. Un manejo cuidadoso es importante.
- ✿ Picado Amargo. Manchas pardas hundidas en la piel, especialmente en la parte calcinar. Este desorden está relacionado con una baja concentración de calcio en la manzana. La incidencia de esta fisiopatía es reducida con almacenamiento en atmósfera controlada.
- ✿ Escaldado superficial. El pardeamiento de la piel que se desarrolla en almacenamiento refrigerado. La susceptibilidad de Golden Delicious es baja. El almacenaje en atmósfera controlada retrasa la aparición de este problema.

- ✿ Daño por Atmósfera Controlada. Niveles de oxígeno inferiores a 1% y de CO<sub>2</sub> superiores a 15% pueden inducir sabores extraños (off-flavors) debido a metabolismo fermentativo. Otros síntomas de daño por CO<sub>2</sub> incluyen: lesiones pardas parcialmente hundidas en la piel o pardeamiento interno y cavidades (Anónimo 1, 2011).

### **2.2.5 Enfermedades**

- ✿ Corazón Mohoso. Causado por varios hongos incluyendo *Alternaria* sp., *Fusarium* sp., *Aspergillus* y *Penicillium*. Las manzanas Golden Delicious son particularmente susceptibles debido a la abierta o profunda cavidad del seno. El baño de las manzanas puede incrementar la incidencia del corazón mohoso.
- ✿ Moho azul y Moho Gris. Las dos más importantes enfermedades de postcosecha de las manzanas Golden Delicious son causados por *Penicillium expansum* y *Botrytis cinerea*. Ambos hongos son patógenos de heridas. La sanitización es crítica para el control de estas enfermedades. El baño de las manzanas puede esparcir las esporas de *Penicillium* y *Botrytis* a las heridas producidas en la cosecha (Anónimo 1, 2011).

### **2.3 Antimicrobianos naturales**

La incorporación de agentes antimicrobianos dentro de recubrimientos y películas comestibles constituye una técnica innovadora en el mantenimiento de la seguridad inocua y vida útil de alimentos mínimamente procesados. El crecimiento de microorganismos en la superficie de productos cortados es una de las principales causas de su deterioro, pudiendo ser evitado mediante el uso de agentes antimicrobianos. Entre los principales agentes antimicrobianos incorporados se encuentran sorbatos, ácidos, bacteriocinas, lisozima y más recientemente aceites esenciales (Rojas, 2006).

#### **2.3.1 Aceites esenciales**

Los aceites esenciales también llamados aceites volátiles o etéreos aromáticos volátiles son líquidos aceitosos obtenidos a partir de material vegetal (flores, brotes, semillas, hojas, ramas, cortezas, hierbas, madera, frutos y raíces) que puede obtenerse de la fermentación, la extracción o la destilación, están constituidos por una mezcla compleja de compuestos como terpenos, alcoholes, cetonas, fenoles, ácidos, aldehídos y

ésteres. Los aceites esenciales se utilizan principalmente como los aromas alimentarios, en los perfumes, y como componentes funcionales de los aceites esenciales, ya sea extraído de material vegetal o fabricados sintéticamente (Xing y et al., 2011).

Muchas hierbas y extractos de plantas poseen actividad antimicrobiana contra un amplio rango de bacterias, levaduras y mohos.

Aunque las propiedades antimicrobianas de los aceites esenciales y sus componentes han sido revisados en el pasado, el mecanismo de acción no ha sido estudiado con gran detalle. Teniendo en cuenta el gran número de diferentes grupos de compuestos químicos presentes en los aceites esenciales, lo más probable es que su actividad antibacteriana no es atribuible a un mecanismo específico. Nychas, Skandamis y Burt han informado de la ubicación y los mecanismos de acción en la célula bacteriana de los aceites esenciales, por ejemplo: la degradación de la pared celular, el daño a las proteínas de la membrana citoplasmática, filtración de los contenidos de células, la coagulación del citoplasma y el agotamiento de la fuerza motriz de protones (Xing y et al., 2011).

Del mismo modo, Nychas y Skandamis indicó que el modo de acción de la concentración de aceites esenciales dependientes en concentraciones bajas inhiben las enzimas asociadas a la producción de energía, mientras que cantidades mayores pueden precipitar las proteínas. Además señaló que los efectos antimicrobianos de los aceites esenciales dependen de su hidrofobicidad y la migración a través de la membrana citoplasmática microbiana (Xing y et al., 2011).

## **2.4 Técnicas de aislamiento de principios activos**

### **2.4.1 Destilación por arrastre de vapor**

Se separan las partes de la planta que contengan los principios activos, se inyecta una corriente de vapor de agua, el cual volatilizará los aceites esenciales de las plantas, estos siguen su camino hacia un enfriador, donde los vapores se condensan y luego son depositados en un contenedor, donde por pura diferencia de densidad se separaran las fases (oleosa/ acuosa) (Tlacuilo y et al., 2007).

## **2.4.2 Extracción de principios activos**

Existen diversas técnicas para extraer los principios activos. Las más utilizadas reciben el nombre de *tisanas*: en esta técnica se usan varias o una sola planta. Se clasifican en 4 grupos generales, de acuerdo a la porción de la planta utilizada:

### **2.4.2.1 Decocción.**

Se aplica a las partes duras de la planta (raíces, corteza, semillas, maderas, tallos). Se agrega agua fría a una cantidad de partes duras de la planta, de preferencia desmenuzadas, en un recipiente resistente al calor (500 cc para 5 grs). Se hierve a fuego lento de 3 a 5 minutos para que no se pierdan sus propiedades. Se retira del fuego y se deja reposar tapado durante 10 minutos. Se pasa luego por colador y está listo para emplearse (Tlacuilo y et al., 2007).

### **2.4.2.2 Maceración**

Se aplica tanto a las partes duras como a las partes blandas. Se colocan las partes desmenuzadas en un recipiente con agua hervida fría en una cantidad proporcional, en general, de 20 partes de agua por una de la planta. Se dejan reposar durante 6 horas si se trata de partes blandas y 12 horas si se trata de partes duras (Tlacuilo y et al., 2007).

### **2.4.3 Otras técnicas**

Otras técnicas utilizadas, en las que el disolvente no es agua sino alcohol o aceites, son las siguientes:

#### **2.4.3.1 Tintura**

En este método se deja a la planta en alcohol etílico o etanol, con una graduación de 95° que se diluya en agua según el tipo de tintura, normalmente sobre un 50 %. La proporción suele ser de una parte de planta por cinco de alcohol (1:5). Para realizar esta extracción se colocan las hierbas dentro de un recipiente y se cubren con alcohol. La mezcla se mantiene entre 10 y 40 días removiéndose un poco todos los días. Luego se verte el líquido en un tarro seco y limpio, filtrándolo con una gasa. Debe conservarse en un lugar fresco un máximo de 24 meses (Tlacuilo y et al., 2007).

### **2.4.3.2 Infusiones en aceite caliente**

Método de extracción que consiste en cubrir las hierbas con aceite y calentar durante un par de horas a baño María para extraer los principios activos. Después de filtrarlos deben guardarse en botellas de vidrio oscuras por un periodo no superior a 6 meses. La proporción de los componentes con respecto a los aceites se sitúa en 1/3 de hierbas secas o 2/3 de frescas (Tlacuilo y et al., 2007).

### **2.4.3.3 Infusiones en aceite frío**

Método de extracción de los principios activos de una planta que consiste en cubrir las hierbas con aceite durante varios días. Normalmente se utiliza aceite de oliva durante un periodo que oscila entre 14 y 45 días. Si queremos potenciar la infusión la dejaremos en contacto con el sol. Pasados estos días deberá filtrarse la preparación y guardar el líquido en un tarro de vidrio oscuro (Tlacuilo y et al., 2007).

## **2.5 Canela**

Se trata de una planta perteneciente a la familia de las Lauráceas. Su nombre técnico es *Cinnamomun zeylanicum* Nees. Conocida comúnmente en México como *canela* (Universidad Veracruzana, 2010).

### **2.5.1 Descripción**

El árbol de la canela es un pequeño árbol o arbusto perennifolio con corteza papirácea. Puede alcanzar 10 m de altura en su estado silvestre, pero se poda en árboles más pequeños y densos para facilitar su cultivo.

La especia es la corteza interna que se extrae pelando y frotando las ramas y que una vez desprendida, es a su vez separada y vuelta a pelar (Figura 2). Las cortezas se enrollan una dentro de otra hasta formar una barra de aproximadamente un metro de largo que se seca y blanquea antes de su comercialización. La corteza se corta en tiras largas y se deja fermentar. Pasadas 24 horas, se separa la capa exterior más rugosa de la corteza y se deja secar la capa interna. Durante el proceso de secado, ésta se enrolla hasta formar las conocidas ramas de canela. Sus ramas crecen erguidas y recubiertas de numerosas hojas de color verde brillante, siendo rojizos los nervios que las recorren (Universidad Veracruzana, 2010).



**Figura 2.** Canela (*Cinnamomun zeylanicum o verum*)

### **2.5.2 Aceite de canela**

Es un líquido amarillento o parduzco que se oscurece y espesa con el tiempo o por exposición prolongada al aire. Soluble en etanol al 70 %. Soluble en aceites. Insoluble en agua. Es un fuerte antiséptico. Es un aceite cálido y estimulante. Se utiliza como un aceite que reconforta en clima frío. También es bien aceptado como fragancia ambiental; saborizante. Es irritante a la piel (Anónimo 3, 2011).

### **2.6 Películas comestibles**

La película comestible es una capa o lámina fina que es parte integral del alimento y puede consumirse sin riesgo, y funcionan a la vez como barrera a la transferencia de agua, gases y solutos de alimentos (Guilbert, 1986).

#### **2.6.1 Características**

Ser buena barrera contra humedad y el oxígeno, contar con buenas propiedades mecánicas y organolépticas, que puedan ser ingeridas, de bajo costo, que mejore las propiedades nutrimentales, sensoriales o mecánicas, que pueda aplicarse en un sistema heterogéneo y reduce desperdicios y contaminación, lo cual es muy valorado por el impacto ambiental que representa.

Las propiedades que ofrecen las películas comestibles dependen de los compuestos de los cuales estén elaborados. Las películas pueden estar compuestas por: 1) proteínas (gelatina, caseína), 2) celulosa, almidón o materiales en base a dextrina, 3) alginatos y gomas, 4) ceras, lípidos o derivados de los monoglicéridos y 5) mezcla de cualquiera de éstos grupos (Pablo, 2010).

## 2.6.2 Función de las películas

Las películas comestibles no están diseñadas con la finalidad de reemplazar los materiales de empaques sintéticos, ni a las películas no comestibles, sino que recae en la capacidad de actuar como un conjunto para mejorar la calidad del alimento en general, extender el tiempo de vida de anaquel y mejorar la eficiencia económica de los materiales para empaquetamiento (Kester y et al., 1986).

En muchas aplicaciones de alimentos, la aplicación más importante de las películas comestibles es la reducción de la pérdida de humedad, debido a que se deben de mantener ciertos niveles de  $a_w$  ya que es un factor de suma importancia en la calidad y seguridad del alimento (Labuza y et al., 1981). Algunas de las funciones de las películas comestibles se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3.** Principales funciones de las películas comestibles

- ✿ Reducir la pérdida de humedad
- ✿ Reducir el transporte de gases ( $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ )
- ✿ Reducir la migración de aceites y grasas
- ✿ Reducir el transporte de solutos
- ✿ Mejorar las propiedades mecánicas y de manejo de los alimentos
- ✿ Proveer integridad estructural a los alimentos
- ✿ Retener los componentes volátiles.
- ✿ Contener aditivos

Fuente: Labuza y et al., 1981

## 2.6.3 Formación de las películas

Cuando una película está siendo aplicada en una superficie o matriz, existen dos fuerzas operando: cohesión y adhesión. El grado de cohesión afecta las propiedades de la película así como la densidad, la porosidad, permeabilidad, flexibilidad y fragilidad de la película. Cuando las películas proteicas se exponen a un calor excesivo se afecta la cohesión, ya que las moléculas son inmovilizadas prematuramente provocando defectos como perforaciones y fractura prematura de la película. Las soluciones de concentración inmediata generalmente resultaran en el



incremento de la fuerza cohesiva debido a la viscosidad óptima y la solvatación del polímero (Guilbert, 1986).

#### **2.6.4 Métodos o técnicas de aplicación**

El modo de aplicación de una película comestible depende en gran medida del tipo de producto que se desee recubrir. La aplicación directa de la solución formadora de película, sobre el alimento o producto, se puede llevar a cabo por métodos de inmersión, frotación y aspersion, entre otros (Pablo, 2010).

##### **2.6.4.1 Aplicación por inmersión**

Es la técnica que proporciona mejores resultados en caso de productos que requieren una capa uniforme en una superficie irregular. Esta técnica es la más utilizada en el recubrimiento de frutas, vegetales y productos cárnicos. En el caso de frutas y verduras, la inmersión se realiza en tanques que contienen las formulas formadoras de cubiertas. Posteriormente a esto se procede a un escurrido y secado, dejando que una película delgada sea formada sobre la superficie del producto (Pablo, 2010).

##### **2.6.4.2 Aplicación por aspersion**

Es el método convencional usado generalmente en muchos de los casos. Debido a la alta presión (60.80 psi) un menor gasto de solución formadora de película es requerido para obtener recubrimientos uniformes (Pablo, 2010).

##### **2.6.4.3 Aplicación por frotación**

Se utiliza aire comprimido (menos de 5 psi o 35 kPa) que es aplicado a líneas de empaque que poseen rodillos en movimiento para lograr una dispersión uniforme. El exceso de cubiertas es removido con cepillos colocados por debajo de los rodillos. La cubierta espumosa contiene un poco de agua para así facilitar el proceso de secado (Pablo, 2010).

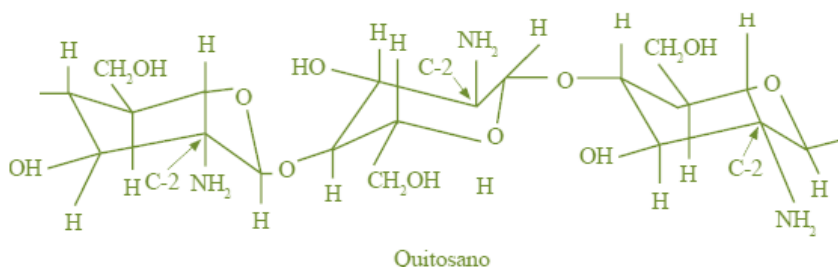
#### **2.7 Quitosano**

La utilización de recubrimientos poliméricos comestibles, como el quitosano ofrece muchas ventajas, ya que además de ser barreras semipermeables, por lo cual se espera que puedan modificar atmósferas internas así como disminuir la velocidad de

respiración de éstos productos, son capaces de encapsular compuestos aromáticos, antioxidantes, agentes antimicrobianos, pigmentos, iones que detienen reacciones de oscurecimiento o sustancias nutricionales como vitaminas o minerales (Bautista y et al., 2004).

La quitina y el quitosano son dos polisacáridos químicamente similares a la celulosa diferenciándose únicamente por la presencia de nitrógeno (Figura 3). El quitosano, nombre dado a la quitina desacetilada, es un polisacárido natural, biodegradable y no tóxico que se obtiene principalmente de la parte externa de crustáceos tales como cangrejos y camarones. Se mencionan como otras fuentes de quitosano a los insectos, nematodos y la pared celular de algunos hongos.

Una de las propiedades clave del quitosano es el de ser una molécula catiónica, lo que lo hace tener la capacidad de actuar como floculante, humectante y quelante. Notablemente y debido al grupo amino que lo compone también atrapa metales pesados tales como insecticidas y policlorados (Bautista y et al., 2004).



**Figura 3.** Estructura química de la molécula de quitosano

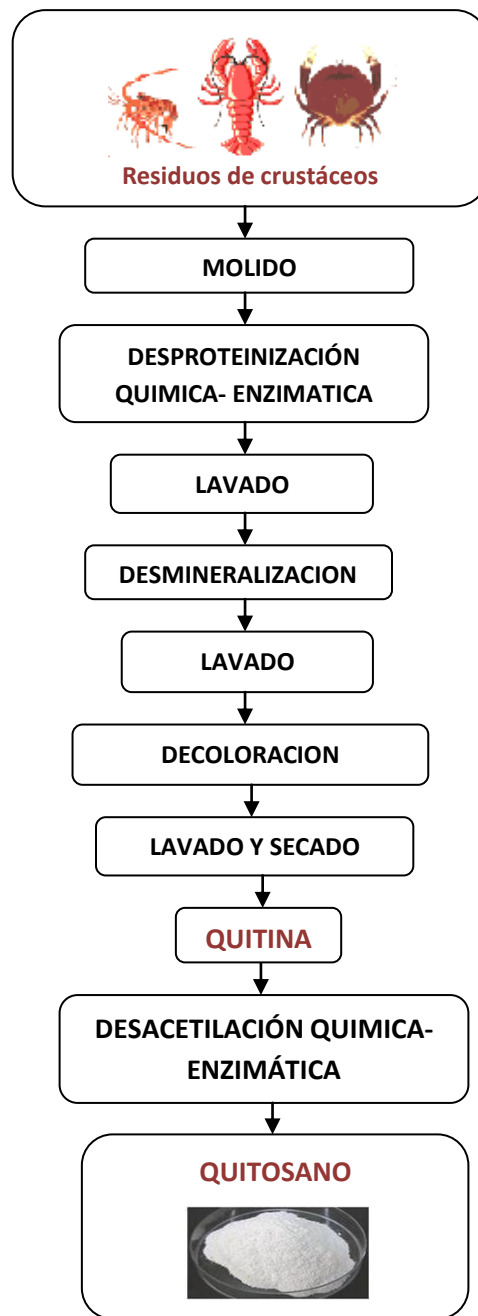
### 2.7.1 Hipótesis sobre los mecanismos de acción del quitosano

El uso del quitosano como inductor de resistencia puede ser significativo si consideramos la naturaleza sistemática y persistente de las enzimas de defensa en los tejidos de las plantas en respuesta a la presencia de quitosano, lo cual puede ser importante en retardar la reanudación de una infección latente típicamente comienza a activarse cuando la resistencia de tejidos declina (Bautista y et al., 2004).

La formación de barreras estructurales de defensa es un proceso común que tiene lugar en respuesta de invasión de microorganismos patógenos (Pablo, 2010).

### 2.7.2 Obtención del quitosano

El proceso de obtención del quitosano consiste en una serie de lavados alcalinos o ácidos con suficiente agua (Figura 4). Existen dos factores principales que determinan la calidad del quitosano: el grado de desacetilación, el cual está determinado por el número de pasos involucrados en la hidrólisis (Sánchez, 1998).



**Figura 4.** Obtención del quitosano desde los residuos de crustáceos (Peral y Gartzia, 2002)

La primera hidrólisis proporciona una desacetilación cerca del 80%, la segunda cerca del 95% y una tercera cerca del 98%. Entre mayor es la desacetilación mejor es la calidad. El segundo factor es la viscosidad estándar. La cual refleja el peso molecular (Guzmán, 2003).

### **2.7.3 Aplicaciones del quitosano**

Tiene diferentes aplicaciones en la industria de las cuales a continuación se mencionan en diferentes áreas (Peral y Garatzia, 2002).

#### **2.7.3.1 Industria alimentaria**

Películas antimicrobianas, aditivo en alimentos, clarificación de jugos y vinos, soporte para inmovilización en la producción de maltosa, espesante en alimentos, agente de acción controlada, agente preservador.

El quitosano es usado en la industria alimentaria en Japón, formulado en galletas, productos avinagrados y fideos debido a su acción hipocolesterolémica. También se emplea como conservante y clarificante de los zumos de frutas, como película con propiedades antimicrobianas para cubrir vegetales (Castro, 2000).

#### **2.7.3.2 Farmacia y medicina**

El quitosano es un polímero que tiene amplia compatibilidad, es biodegradable, no tóxico y autoadhesivo, lo que lo hace atractivo para aplicaciones en medicina y farmacia. También es un buen hemostático, pero sus derivados sulfatados exhiben actividad anticoagulante. Se sabe que el quitosano es hipocolesterolémico, posee actividad antimicrobiana, antiviral y antitumoral. También ha sido reconocida la actividad inmunoadyuvante del quitosano. En la biomedicina se utiliza como hilos de sutura, esponjas y vendas biodegradables, matrices (en micro esferas, micro cápsulas, membranas y tabletas comprimidas) para dosificación de fármacos, en ortopedia y en estomatología (Castro, 2000).

#### **2.7.3.3 Agricultura y ganadería**

En la agricultura moderna se hace cada vez más generalizado el uso de polímeros naturales biodegradables, tanto asociados a composiciones de fertilizantes como a

preparados protectores de semillas, conservación de frutas y plantas, con el fin de lograr incrementar los rendimientos de los cultivos.

El quitosano ha sido utilizado en el recubrimiento de cereales, dando como resultado un incremento en la productividad de los cultivos. Aparentemente provoca una respuesta en la semilla, protegiendo a la planta de infecciones de hongos fitopatógenos que tienen quitina en su pared celular. El efecto anti-fúngico del quitosano se ha demostrado en varios experimentos. Esto puede estar dado por la inducción de enzimas quitinasas durante la germinación.

Otra potencial aplicación del quitosano en la agricultura está en la encapsulación de embriones somáticos para preparar semillas artificiales. En la ganadería se utiliza como aditivo para alimento de animales, en formulación de pesticidas (Castro, 2000).

#### **2.7.3.4 Industria textil y cosméticos**

En la industria textil es ampliamente utilizada en la formación de fibras, ya que ayuda a la adsorción de colorantes, además de ayudar como estabilizador de color. En el caso de la industria de los cosméticos se menciona su uso en la elaboración de productos como espumas para afeitar, cremas para la piel, lociones, pasta de dientes entre otros productos (Castro, 2000).

#### **2.7.3 Efecto del quitosano en el control de microorganismos patógenos postcosecha**

Existen numerosos reportes que mencionan significativas reducciones de pudriciones postcosecha en numerosas frutas y hortalizas, cuando fueron tratadas con diferentes dosis de quitosano antes del almacenamiento, retardando el inicio y el proceso de infección.

Por ejemplo el desarrollo del hongo *Botrytis cinérea* en numerosos frutos como el kiwi, manzanas, peras, fresas, grosellas y litchi entre otros fue significativamente inhibido con aplicaciones de quitosano. En otras frutas como cerezas dulces, uvas de mesa y naranjas, el efecto del quitosano fue igual independientemente de haberse o no inoculado la fruta (Pablo, 2010).

## **2.8 Evaluación sensorial**

La evaluación sensorial es el análisis de los alimentos u otros materiales por medio de los sentidos. La palabra sensorial se deriva del latín *sensus*, que quiere decir sentido. La evaluación sensorial es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos, microbiológicos, etc. Este tipo de análisis tiene ventaja de que efectúa las mediciones lleva consigo sus propios instrumentos de análisis, o sea: sus cinco sentidos (Anzaldúa-Morales, 1994).

### **2.8.1 Propiedades sensoriales**

Las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos. Hay algunas propiedades (atributos) que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos (Anzaldúa-Morales, 1994).

### **2.8.2 Factores que influyen en la evaluación sensorial**

De la gran variedad de factores que ejercen influencia sobre la evaluación sensorial debemos considerar los siguientes grupos (De la Rosa Matildes 2009):

- ✿ Factores de personalidad o actitud: Influyen en gran medida en experiencias sobre aceptación o preferencia de consumidores.
- ✿ Factores relacionados con la motivación: Influyen sobre los resultados al trabajar con concentraciones umbrales y supraumbrales.
- ✿ Errores psicológicos: Se deben distinguir varios tipos de errores, como son los de tendencia central, de posición y de contraste. También deben considerarse la memoria, concentración y las instrucciones minuciosas, ya que pueden ser importantes.

### **2.8.3 Tipos de jueces**

La selección y el entrenamiento de las personas que tomaran parte en pruebas de evaluación sensorial son factores de los que dependen en gran parte el éxito y validez de las pruebas. El número de jueces necesarios para que una prueba sensorial sea válida está en función del tipo de juez que vaya a ser empleado. Existen cuatro tipos de jueces (Anzaldúa-Morales, 1994).

### **2.8.3.1 Juez experto**

El juez experto es, como en el caso de los catadores de vino, té, café, quesos y otros productos, una persona que tiene gran experiencia en probar un determinado tipo de alimento, posee una gran sensibilidad para recibir las diferencias entre muestras y para distinguir y evaluar las características del alimento (De la Rosa Matildes, 2009).

### **2.8.3.2 Juez entrenado**

Un juez entrenado es una persona que posee bastante habilidad para la detección de alguna propiedad sensorial, o algún sabor o textura en particular, que ha recibido cierta enseñanza teórica y práctica acerca de la evaluación sensorial, y que sabe que es exactamente lo que desea medir en una prueba. Además, suele realizar pruebas sensoriales con cierta periodicidad (De la Rosa Matildes, 2009).

### **2.8.3.3 Juez semientrenado**

Se trata de personas que han recibido un entrenamiento teórico similar al de los jueces entrenados, que realizan pruebas sensoriales con frecuencia y poseen suficiente habilidad, pero que generalmente sólo participan en pruebas discriminativas sencillas, las cuales no requieren de una definición muy precisa de términos o escalas. Las pruebas con jueces semientrenados deben efectuarse con un mínimo de 10 jueces y un máximo de 20 o, cuando mucho 25, con tres o cuatro por cada juez para cada muestra (De la Rosa Matildes, 2009).

### **2.8.3.4 Juez consumidor**

Se trata de personas que no tienen que ver con las pruebas, ni trabajan con alimentos como investigadores o empleados de fábricas procesadoras de alimentos, ni han efectuado evaluaciones sensoriales periódicas. Por lo general son personas tomadas al azar, ya sea en la calle, o en una tienda, escuela, etc. (De la Rosa Matildes, 2009).

## **2.8.4 Clasificación de las pruebas sensoriales**

Existen varias clasificaciones de las pruebas sensoriales. La primera agrupa a las pruebas en dos tipos: la evaluación sensorial tipo I y tipo II. La segunda agrupa a las pruebas sensoriales en tres tipos, las discriminativas, descriptivas y las afectivas (De la Rosa Matildes, 2009).

#### **2.8.4.1 Pruebas afectivas**

Las pruebas efectivas son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. Estas pruebas son las que presentan mayor variabilidad en los resultados y estos son más difíciles de interpretar. Las pruebas efectivas pueden clasificarse en tres tipos: pruebas de preferencia, pruebas de grado de aceptación (De la Rosa Matildes, 2009).

#### **2.8.4.2 Prueba de preferencia**

Aquí simplemente se desea conocer si los jueces prefieren una cierta muestra sobre otra. La prueba es muy sencilla y consiste nada mas en pedirle al juez que diga cuál de las dos muestras prefiere. Es importante incluir en el cuestionario una sección para comentarios para que así uno pueda darse cuenta de por qué. Los jueces prefieren una muestra en particular. Las muestras que son presentadas al juez tienen que estar codificadas con una cifra de números aleatorios, la cifra puede constar de tres a cuatro números (Anzaldúa- Morales, 1994).

#### **2.8.4.3 Prueba de nivel de agrado o hedónica**

Las pruebas hedónicas se utilizan para evaluar la aceptación o rechazo producto determinado y aunque su realización pueda parecer rutinaria el planteo es muy complejo y debe hacerse con rigor para obtener datos significativos (Sancho, 2002). Esta prueba se lleva a cabo con consumidores habituales del producto en estudio, al consumidor se le entrega un cuestionario donde se incluye una escala con las características que va a evaluar y las instrucciones de llenado se las da el aplicador de la evaluación, se debe tener en cuenta de que son consumidores y no jueces entrenados o semientrenados por lo cual debe de dar las instrucciones es un lenguaje fácil y lo más breve posible a fin de que el consumidor pueda evaluar correctamente las muestras que se le presente, cada una de estas debe estar codificada con una cifra de números aleatorios (Sancho, 2002).

#### **2.8.4.4 Prueba de aceptación**

El deseo de una persona para adquirir un producto es lo que se le llama aceptación y no sólo depende de la impresión agradable que el juez reciba al probar un alimento sino



también en aspectos culturales, socioeconómicos, de hábitos, etc. (Anzaldúa-Morales, 1994).

Suelen responder a requerimientos del mercado y normalmente pretenden apreciar tendencias de consumo; se quiere saber si un determinado producto es el idóneo para el consumo de un grupo de población, si es competitivo con otros ya existentes o si alguna de sus características llega a producir fatiga tras un cierto consumo. Otras veces se trata de modificaciones en la formulación del envasado y lo que se pretende es evaluar la aceptación entre los consumidores ya habituales (Sancho, 2002).

#### **2.8.4.5 Pruebas discriminativas**

Las pruebas discriminativas son aquellas en las que no se requiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras (Sancho, 2002).

#### **2.8.4.6 Pruebas descriptivas**

Son las que permiten describir, comparar y valorar las características de las muestras en función de unas categorías (patrones) definidos previamente (Sancho, 2002).

### **CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS**

La parte experimental del presente trabajo se realizo en el laboratorio del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Laboratorio de Lácteos del Departamento de Producción Animal y el Laboratorio de Postcosecha del Departamento de Horticultura, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

#### **3.1 Material de laboratorio**

Agua purificada

Algodón

Aluminio

Bolsas ziploc

Cajas Petri desechables

Cinta masking tape

Cortador de papas en bastón manual

Descorazonador de manzanas

Escurreidores de plástico

Espátula

Etiquetas

Formatos de evaluación

Frascos 100ml CONRNING No. 1368

Incentivos

Kleen pack

Lapiceros

Licuada de mano

Marcador de tinta permanente

Matraz 1000ml KIMAX

Mecheros de Fisher

Micropipeta 100-1000 $\mu$ l ACCUMAX

Micropipeta 100-1000 $\mu$ l HIG TECH LAB

Micropipeta de émbolo 25-250 $\mu$ l BRAND

Palillos

Papel de estraza

Pipetas 10ml KIMAX

Platos desechables

Popotes

Recipientes para desecho

Servilletas de papel

Spray desinfectante Lysol

Tablas para picar

Tenazas de plástico

Vasos de precipitado PYREX 250ml

Vasos desechables

### **3.2 Material vegetal**

Canela (*Cinnamomum verum*)

Manzanas Golden Delicious

### **3.3 Equipo utilizado**

Autoclave ALLAMERICAN

Balanza analítica

Barras magnéticas de agitación

Contador Q-20 SOL-BAT

Estufa de secado

Fotocolorímetro MINOLTA CR-300

Incubadora Blue-M

Incubadora Quincy Lab 10-140

Penetrómetro FT-327

Placas de Agitación magnéticas TALBOYS

Refrigerador

### **3.4 Reactivos**

Aceite de maíz

Acido Cítrico monohidratado JALMEX

Acido oleico

Acido tartárico

Agar papa dextrosa BD-Bioxon

Agar para métodos estándar BD-Bioxon

Agua destilada

Peptona de Carne BD-Bioxon

Quitosano 75% desacetilado C3646-500G SIGMA-life Science

Sulfito de Sodio JALMEX

Tween 80

### 3.5 Extracción de principios activos

Para la extracción de los principios activos de la canela se procedió a desmenuzarla y colocarla en un recipiente previamente forrado de aluminio.

Se agregó aceite de maíz hasta cubrirla, dejándola reposar por 45 días (removiéndola de vez en cuando) (Figura 5).

Una vez transcurrido los días se filtro el aceite y se almacenó lejos de la luz para evitar enranciamiento oxidativo

### 3.6 Procedimiento para la formulación de película

En la tabla 4 se muestran los componentes de la película, así como la cantidad para la elaboración de 100 ml de la misma.

**Tabla 4.** Componentes para elaborar la película de quitosano con antimicrobiano

Ácido Cítrico	1.5g
Quitosano	1g
Ácido Oleico	0.6ml
Tween 80	200µl
Agua destilada	(la diferencia en volumen)
Aceite de Canela al 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1% y 1.5%	

**Fuente:** Elaboración propia

Se colocaron los vasos de precipitado con agua destilada junto con una barra magnética sobre las parrillas de agitación a 40°C, agregando el ácido cítrico hasta disolver (400rpm), ya disuelto se añadió el quitosano (1000-1200rpm) se mantuvo en agitación durante 1 hora.

Transcurrido el tiempo se agregó ácido oleico, media hora después se adicionó el Tween 80 y el aceite de canela (a cada vaso de precipitado un porcentaje distinto) (Figura 6).



**Figura 5.** Canela sumergida en aceite de maíz



**Figura 6.** Preparación de la película

### 3.7 Preparación de la muestra

Se lavaron las manzanas, mondaron y descorazonaron, una vez hecho se sumergieron en solución de Sulfito de Sodio al 0.5% durante 20 minutos para evitar oxidación (Figura 7).

Se cortaron las manzanas con un cortador de papas en bastón manual (Figura 8).

Se utilizaron tres manzanas por tratamiento sólo dos se cortaron con el cortador para la determinación de color y la sobrante para la determinación de firmeza.



**Figura 7.** Manzanas sumergidas en solución de Sulfito de Sodio al 0.5%



**Figura 8.** Cortador de papas en bastón manual

### 3.8 Aplicación de la película

Los trozos de manzana se sumergieron en la película (Figura 9) y se colocaron en un escurridor (Figura 10), se mantuvo media hora a temperatura ambiente y otra media hora en la estufa de secado (40°C).

\*A la muestra testigo no se le aplicó película.



**Figura 9.** Aplicación de la película por inmersión



**Figura 10.** Escurrido del exceso de película

### **3.9 Almacenamiento de la muestra**

Se almacenó la muestra en bolsas desechables Ziploc (Figura 11), dentro del refrigerador a una temperatura de  $2^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) por un periodo de 10 días.



**Figura 11.** Almacenamiento de la muestra

### **3.10 Análisis de la muestra**

Los análisis se realizaron el día uno, cinco y diez de almacenamiento, pues después de este tiempo la muestra presentaba deterioro, eligiendo las tiras necesarias al azar.

### **3.11 Determinación de color**

Se utilizó un fotocolorímetro marca Minolta-300 (Figura 12), para la medición de cambio de coloración con el paso de los días.

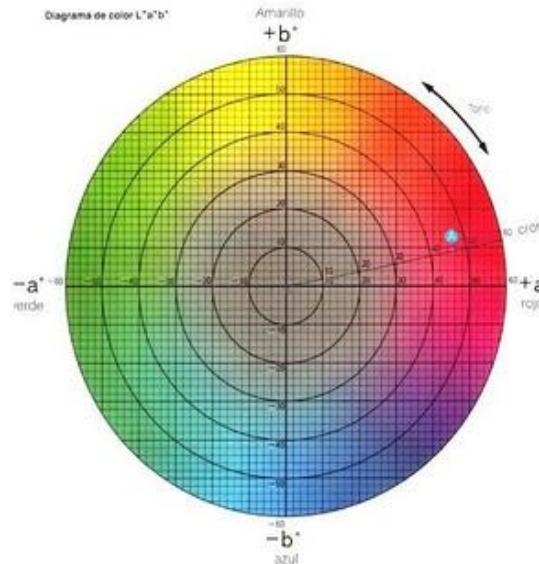
Se cubrió el lente con plástico (Kleen pack) y se colocó la muestra debajo del mismo para tomar la lectura.

Se le tomó la lectura a 10 pares de trozos de manzana por los dos lados por cada tratamiento. El resultado expresa los campos  $L^*a^*b$  que se ubican en el siguiente diagrama de cromaticidad (Figura 13).

- L = Luminosidad
- a y b = Coordenadas de cromaticidad
- a (+) = Indica color rojo
- a (-) = Indica color verde
- b (+) = Indica color amarillo
- b (-) = Indica color azul



**Figura 12.** Fotocolorímetro MINOLTA-300



**Figura 13.** Diagrama de color L\*a\*b

### 3.12 Determinación de firmeza

Para su determinación se utilizó un penetrómetro modelo FT – 327 (Figura 14) con una puntilla de 8 milímetros de diámetro, donde las muestras se colocaron sobre la base del equipo. Se tomaron dos lecturas por muestra.



**Figura 14.** Determinación de firmeza con el penetrómetro FT-327



### 3.13 Análisis microbiológico

- ✿ Determinación de hongos y levaduras.
- ✿ Determinación de bacterias mesófilas aerobias.

1. Se preparó el medio de cultivo pesando la cantidad necesaria de agar (para PDA 39g/1000ml y para CE 23.5g/1000ml) disolviendo hasta ebullición por un minuto, tapando el matraz con algodón y aluminio para evitar contaminación a la hora de esterilizar.
2. Se distribuyeron y marcaron las cajas petri, en condiciones de limpieza, mientras el agar, pipetas y frascos con solución diluyente se esterilizaba (120°C\*20min).
3. Se procedió a hacer las diluciones, el vaciado de la muestra y el agar sobre las cajas petri, sólo se vaciaron las diluciones  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$  por duplicado (figura 15).
4. Se vaciaron de 15-20 ml de medio de cultivo fundido (45°C aprox.) en cada caja (Figura 16).

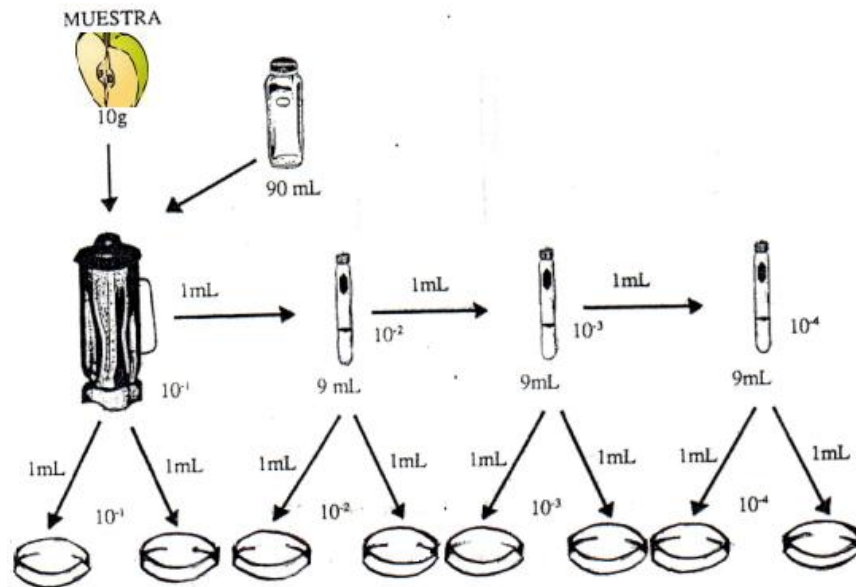


Figura 15. Procedimiento para la preparación de diluciones

5. Se metieron las cajas a la incubadora:
  - ✿ Para hongos y levaduras una serie se incubó a 22°-25°C, mientras que la otra a 35°C, la lectura se hizo para la primer serie a los cinco días, y 48h para la segunda.
  - ✿ Para bacterias mesófilas aerobias 35°C las dos series, el recuento se realizó a los cinco días, con un contador de colonias (Figura 17).



**Figura 16.** Vaciado del agar



**Figura 17.** Contador de colonias

### 3.14 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó con un panel de jueces entrenados y semientrenados (19-22 años) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Figura 18).

Se les proporcionaron siete muestras distintas a cada uno, etiquetadas con un número aleatorio y una hoja donde vaciarían sus resultados y comentarios (Figura 19) de acuerdo a apariencia, olor, sabor y textura, calificando con números del 1 al 7 donde 1=menor preferencia y 7=mayor preferencia (prueba de preferencia).



**Figura 18.** Juez evaluando las muestras



**Figura 19.** Material proporcionado para la realización de la evaluación sensorial

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El enumerado de los tratamientos corresponde a: 1=0%\*, 2=0.2%, 3=0.4%, 4=0.6%, 5=0.8%, 6=1% y 7=1.5% de concentración de aceite de canela.

\*sin película, solo bisulfito de sodio.

El análisis estadístico realizado fue un análisis de varianza factorial con interacción entre factores y la prueba de separación de medias Duncan en los casos donde se aplica.

### 4.1 Determinación de color

Las variables que se midieron fueron tres: luminosidad, eje "a"(x) y el eje "b" (y).

Para el procesado de los datos de determinación de color sólo se utilizó la media de las 20 lecturas tomadas por tratamiento y a su vez por cada repetición (4 repeticiones).

#### 4.1.1 Luminosidad

La luminosidad nos indica que a mayor valor numérico, mayor coloración (brillo) y a menor valor numérico, menor coloración (opacidad).

De acuerdo a los resultados, no existe diferencia entre los niveles de aceite de canela, sin embargo sí existe una diferencia significativa en los intervalos de tiempo ( $P<0.01$ ), ya que la luminosidad se redujo de 67.72 a 65.30. De igual manera, se presentó una diferencia significativa en la interacción ( $P<0.01$ ), es decir, la reducción de luminosidad causada por el tiempo, se manifiesta de diferente manera en cada una de las concentraciones (Figura 20).

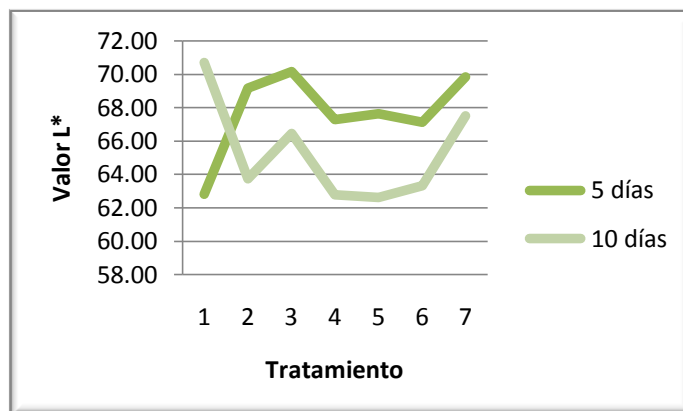


Figura 20. Luminosidad (L\*)

En la figura 20 se puede apreciar como las muestras con película presentan una luminosidad mayor durante los primeros cinco días en comparación con el testigo, mientras que con el transcurso de los días la muestra que presenta una mayor luminosidad es la testigo.

Pantástico (1984), menciona que para poder restaurar las cubiertas naturales del fruto y proporcionarles luminosidad o brillo es necesaria la aplicación de cubiertas de origen natural o artificial con lo que además de darles luminosidad se da protección, disminuyendo deterioro del producto, por lo tanto la película utilizada a base de quitosano le proporciona ese brillo perdido por la manipulación durante el pelado y troceado, dándole un mejor aspecto a los trozos de manzana.

#### 4.1.2 Cromaticidad (-a\* verde)

Un comportamiento similar ocurre con los valores del eje “a”, ya que no existe diferencia entre los niveles de concentración de aceite de canela, sin embargo, existe diferencia significativa entre los intervalos de tiempo, ya que el valor se redujo de 2.82 a 1.76; y de igual manera existe una diferencia significativa en la interacción, es decir, al momento de reducir los valores en el tiempo, se reducen de diferente intensidad en cada tratamiento (Figura 21).

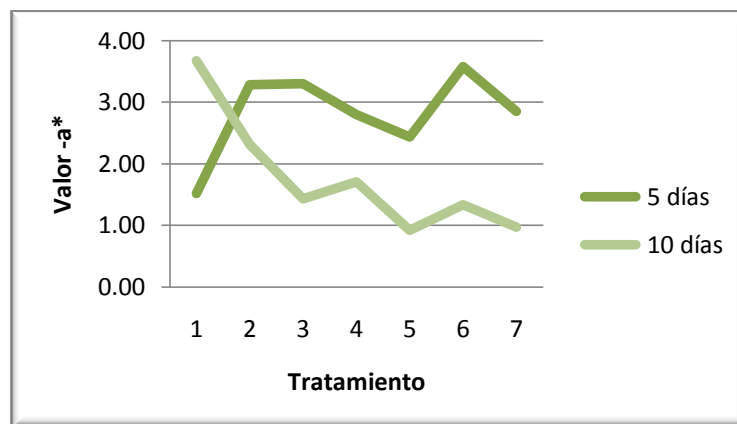


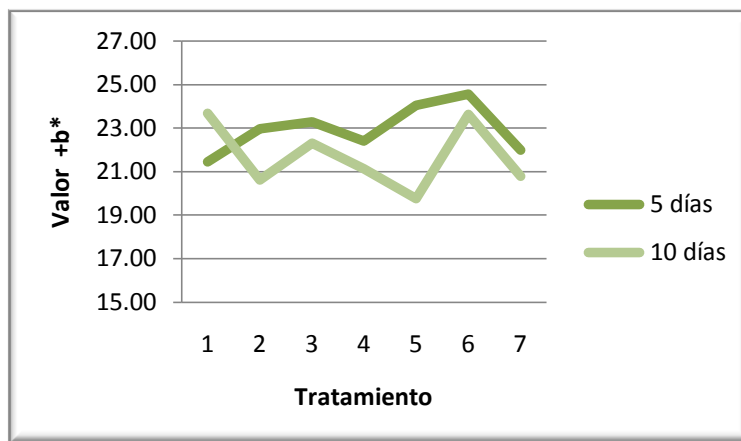
Figura 21. Coordenadas de cromaticidad (a\*)

En la figura 21 podemos observar que las líneas tienen el mismo comportamiento de la variable luminosidad, pues a los primeros cinco días las muestras cubiertas con película presentan un mayor valor numérico, mientras que a la segunda evaluación, la muestra testigo es la que se acerca más al color verde si lo ubicamos en el diagrama de color.

Según Aguilar (2004), el cambio de color se debe principalmente a la degradación de clorofilas, proceso que permite la percepción de otros pigmentos que ya se encontraban en el cloroplasto o que se sintetizan en el proceso de la maduración, adquiriendo las muestras un color diferente (marrón) debido a la oxidación.

#### 4.1.3 Cromaticidad (+b\* amarillo)

En el caso de la variable del eje “b”, existe diferencia significativa en los dos factores y en la interacción. En lo que se refiere a los intervalos de tiempo, los valores se reducen de 22.9 a 21.7 ( $P < 0.01$ ). En los niveles de concentración de aceite de canela la diferencia lo marca el tratamiento 6 (concentración al 1%), que es superior a todos los demás (Figura 22). Sorpresivamente, la diferencia más alta es entre los tratamientos 6 y 7, pues la alta concentración de aceite de canela (1.5%) perjudica la muestra haciéndola más susceptible a la oxidación y por lo tanto al cambio de color. La interacción también presenta diferencia significativa ( $P < 0.01$ ).



**Figura 22.** Coordenadas de cromaticidad (b\*)

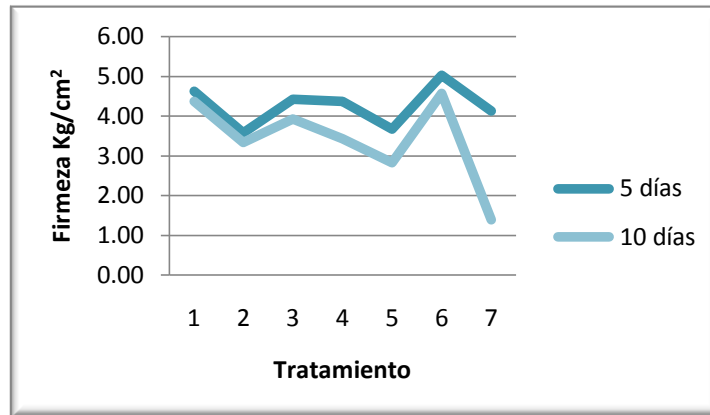
La muestra testigo tiene el mismo comportamiento en relación a las variables luminosidad y cromaticidad a\*, pues a los cinco días de almacenamiento presenta un valor numérico más bajo (mas amarillo), mientras que a los diez días es todo lo contrario, debido a que las muestras tratadas incrementan su luminosidad y color por la aplicación de la película, pero ésta se va perdiendo con el paso de los días, mientras que la muestra no tratada al no haber cambios en su composición la degradación de las clorofilas es más lenta.

## 4.2 Firmeza

Para la determinación del valor firmeza se utilizó la media de las dos lecturas tomadas por muestra, y a su vez por cada repetición.

En el análisis de firmeza se encontró que existe una diferencia muy significativa entre los dos factores y en la interacción. En cuanto al intervalo de tiempo, del quinto a décimo día la firmeza se redujo de 4.26 kg/cm<sup>2</sup> a 3.41 kg/cm<sup>2</sup>, de una manera muy significativa (P<0.01). En cuanto a la concentración de aceite de canela, la diferencia (P<0.01) se presenta de manera sorpresiva entre el tratamiento 6, con el nivel más alto, y el tratamiento 7, el más bajo.

Existe también una fuerte diferencia en la interrelación, es decir algunas concentraciones pierden mayor firmeza en el intervalo de tiempo.



**Figura 23.** Firmeza (kg/cm<sup>2</sup>)

Podemos darnos cuenta como la muestra testigo y la 6 siguen conservando una firmeza similar a la original con el paso de los días, sin embargo no ocurre lo mismo con las demás muestras, pues todas están muy por debajo de la lectura tomada a los cinco días. Al momento de tomar la lectura, algunas manzanas con concentración al 1.5% se deshicieron al no soportar la fuerza de la puntilla, es por eso la forma en cómo termina la segunda línea (Figura 23).

Según Bolin y Huxsoll (1989), los productos mínimamente procesados pierden la firmeza en un corto tiempo durante el almacenamiento a bajas temperaturas. Este comportamiento se atribuye a los cambios acelerados inducidos por el daño causado a las células del tejido durante el cortado y pelado, entre los que se encuentran la liberación de enzimas pectinolíticas y proteolíticas desde las células dañadas al

interior de los tejidos, la transformación de protopectina a pectina soluble en agua, disminución en la cristalinidad de celulosa, difusión de azúcares a los espacios intercelulares, adelgazamiento de las paredes celulares y al movimiento de iones de la pared celular, en lo que se refiere a las muestras tratadas su firmeza disminuye por la aplicación de la película pues ésta hace que aumente su humedad dando un aspecto suave por la exudación; por lo tanto la muestra testigo al no estar recubierta mantiene una humedad y por lo tanto una firmeza similar a la propia.

La firmeza que conserva la muestra 6 puede atribuirse a la cantidad de aceite de canela (1%) agregado a la película pues es el mismo porcentaje de la base de la película (quitosano al 1%).

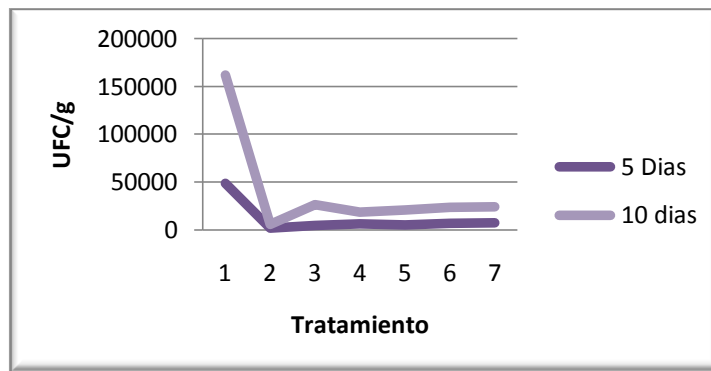
### **4.3 Análisis microbiológico**

Las variables que se midieron fueron cuatro, los hongos y levaduras, con diluciones de  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$ , y las bacterias mesofílicas aerobias con diluciones  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$ .

Como se muestra en las figuras 24, 25, 26 y 27, el tratamiento 1 tiene niveles muy altos respecto a los otros tratamientos en las cuatro variables, lo que provocó que en una primera corrida se tuviera una diferencia significativa entre ese tratamiento y el resto, impidiendo analizar con detalle el comportamiento del experimento, así que una vez demostrada la diferencia entre el primer tratamiento y el resto, se eliminó. Las siguientes pruebas se realizaron con los seis tratamientos que tienen las diferentes concentraciones de aceite de canela.

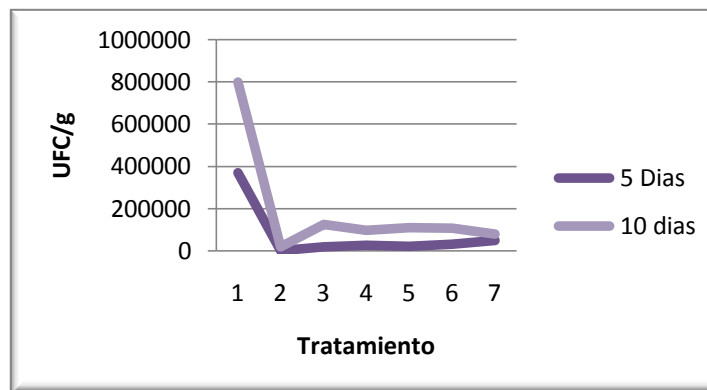
#### **4.3.1 Hongos y levaduras**

En la prueba de hongos y levaduras en diluciones de  $10^{-3}$ , se tiene diferencia significativa ( $P < 0.01$ ) en el intervalo de tiempo, ya que pasó de un promedio de 11,575 UFC/g a 40,107 UFC/g (incluyendo tratamiento testigo). En lo que se refiere a los niveles de aceite de canela existe diferencia muy significativa ( $P < 0.01$ ), existiendo una diferencia entre el tratamiento 2 y el resto. Existe también una diferencia significativa en la interacción, es decir, el aumento de hongos y levaduras en el tiempo es de diferentes niveles según el tratamiento (Figura 24).



**Figura 24.** Hongos y levaduras (dilución 10<sup>-3</sup>)

También en la prueba de hongos y levaduras, pero con dilución de 10<sup>-4</sup>, tiene diferencia significativa (P<0.01) en el intervalo de tiempo, ya que pasó de un promedio de 75,600 UFC/g a 191,428 UFC/g (incluyendo tratamiento testigo). También en los niveles de aceite de canela existe diferencia muy significativa (P<0.01), existiendo una diferencia entre el tratamiento 2 y el resto (Figura 25). Lo singular en esta variable, es que no existe una diferencia en la interacción de las dos variables.



**Figura 25.** Hongos y levaduras (dilución 10<sup>-4</sup>)

En comparación con otros métodos de control de microorganismos de postcosecha, el quitosano ha demostrado tener una actividad fungistática o fungicida relevante (Bautista, 2004), algo similar sucede en las muestras cubiertas con película a base de quitosano pues la diferencia es muy significativa en comparación con la muestra testigo, el comportamiento de la muestra 2 en la gráfica puede deberse a que la adición del aceite de canela es muy poco haciendo que el quitosano actúe de mejor manera que en las demás concentraciones pues es una relación de 0.2% de aceite de canela a 1% de quitosano, pues no debemos olvidar que el aceite de canela no es 100% puro.



### 4.3.2 Bacterias mesofílicas aerobias

En lo que se refiere a las bacterias mesofílicas en dilución de  $10^{-3}$ , se tiene diferencia significativa ( $P < 0.01$ ) en el intervalo de tiempo, ya que pasó de un promedio de 6,464 UFC/g a 76,428 UFC/g (incluyendo tratamiento testigo). En lo que se refiere a los niveles de aceite de canela existe diferencia muy significativa ( $P < 0.01$ ), pero no existe un comportamiento de línea recta, ya que los niveles más bajos corresponden a los tratamientos 2,3 y 7 (Figura 26). En este caso, la diferencia entre la interacción es significativa ( $P < 0.05$ ).

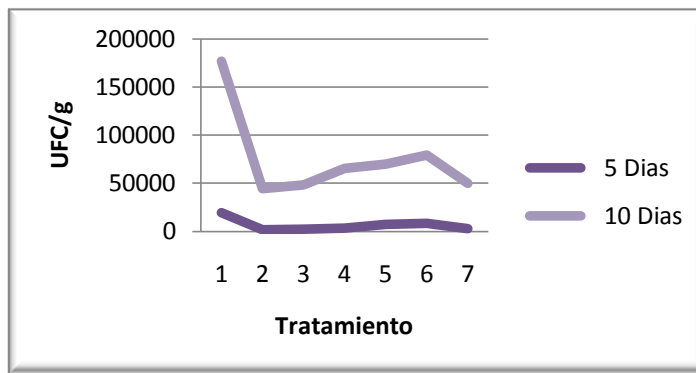


Figura 26. Bacterias mesofílicas aerobias (dilución  $10^{-3}$ )

Respecto a las bacterias mesofílicas en dilución de  $10^{-4}$ , también se tiene diferencia significativa ( $P < 0.01$ ) en el intervalo de tiempo, ya que pasó de un promedio de 46,428 UFC/g a 462,500 UFC/g (incluyendo tratamiento testigo). En lo que se refiere a los niveles de aceite de canela no existe diferencia entre tratamientos ni en la interacción (Figura 27).

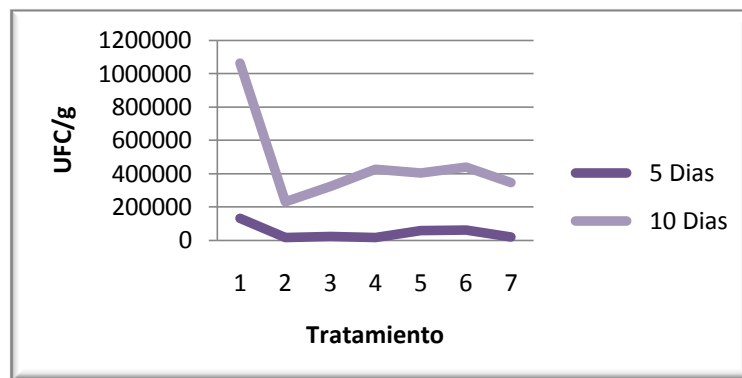


Figura 27. Bacterias mesofílicas aerobias (dilución  $10^{-4}$ )

Cagri (2004), señaló que los efectos antimicrobianos de los aceites esenciales dependen de su hidrofobicidad y la migración a través de la membrana citoplasmática microbiana.

Muchas hierbas y extractos de plantas poseen actividad antimicrobiana contra un amplio rango de bacterias, levaduras y mohos. Sin embargo, la mayoría de ellos parecen ser más eficaces en los medios de laboratorio que en los alimentos reales, es lo que sucede en nuestros distintos tratamientos de aceite de canela, pues parece que la adición de este elemento a nuestra película no causó impacto en la inhibición de microorganismos, lo que hace que estadísticamente no haya diferencia significativa entre los diferentes tipos de concentración.

#### **4.4 Evaluación sensorial**

En la prueba sensorial se midieron cuatro variables: apariencia, olor, sabor y textura. El número de repeticiones fueron 55.

##### **4.4.1 Apariencia**

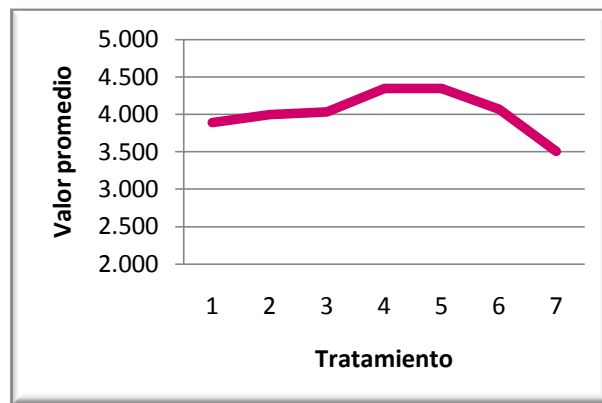
En cuanto a la apariencia no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, es decir, los jueces no percibieron diferencia entre las diferentes concentraciones del aceite de canela. Esto se puede deber:

- ✿ \*Las muestras fueron cortadas de un tamaño similar.
- ✿ \*La evaluación sensorial se realizó al siguiente día de aplicación de la película, por lo que los cambios en color no fueron significativos.
- ✿ \*Se seleccionaron manzanas con una apariencia similar.

En cuanto al comportamiento no genera una línea recta (Figura 28), ya que en cuanto se van incrementando las concentraciones del aceite de canela, la apariencia va subiendo, sin embargo, en la última concentración la apariencia desmerece considerablemente, pudiéndose deber a la gran cantidad de aceite de canela añadida a la película. Según Pastor y Ortolá, (2007), la textura de las muestras recubiertas disminuye con el tiempo de almacenamiento debido a la aparición de la capa blanquecina que absorbe el agua del interior del fruto provocando su deshidratación.

En cambio, las muestras no recubiertas, al no tener esa capa no se ven tan afectadas y, presentan en todo momento una textura propia de frutas frescas; sin embargo estos

cambios no pudieron ser percibidos por los jueces pues el tiempo de almacenamiento de los trozos de manzana fue muy corto (solo un día).



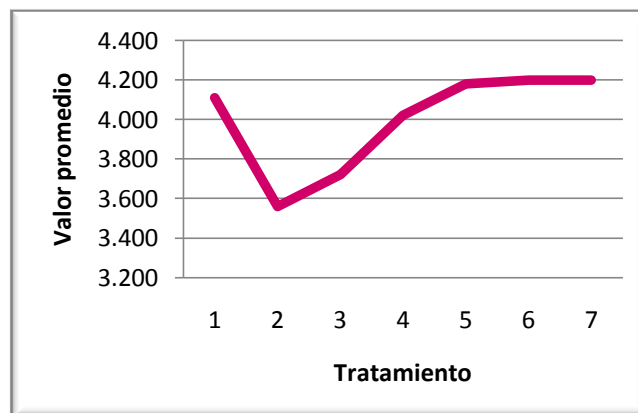
**Figura 28.** Comportamiento de la variable apariencia

#### 4.4.2 Olor

En cuanto al olor, no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, es decir, los jueces no percibieron diferencia entre los diferentes tratamientos. Esto se puede deber:

- El olor de los demás componentes de la película es mayor a comparación con el aceite de canela.
- \*El estado de madurez de la manzana era similar.

En la figura 29 se puede apreciar un comportamiento errático en la calificación de los jueces a cada una de las concentraciones, sin embargo, es totalmente comprensible, ya que las variaciones son mínimas si se toman porcentualmente.



**Figura 29.** Comportamiento de la variable olor

### 4.4.3 Sabor

En cuanto al sabor, se encontró diferencia muy significativa entre tratamientos ( $P < 0.001$ ). Esta diferencia es especialmente entre el tratamiento testigo, que recibe la calificación más alta que el resto de los tratamientos. Esto indica que la película desmerece el sabor del producto.

Debiéndose a varios factores:

- El resabio astringente del quitosano\*, el tween 80 y sulfito de sodio.
- \*La acidez del ácido cítrico.
- El estado de madurez de las manzanas muy similar\*, pero no igual.

En cuanto a la calificación de los diferentes concentraciones de aceite de canela se presenta un comportamiento errático, esto puede deberse a que los porcentajes de calificación son mínimos y se magnifican en el pequeño rango de calificaciones.

La diferencia entre la calificación del tratamiento testigo y el resto de los tratamientos se demuestra por la prueba de Duncan.

En la figura 30, se puede apreciar que las calificaciones en la variable sabor, tiene el valor más alto en el tratamiento testigo y luego disminuye en los siguientes valores.

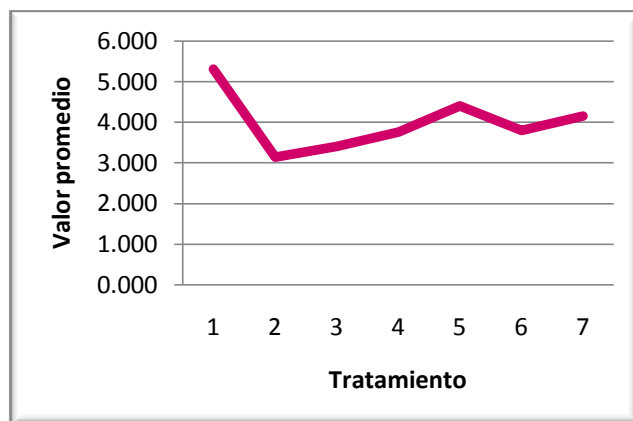


Figura 30. Comportamiento de la variable sabor

### 4.4.4 Textura

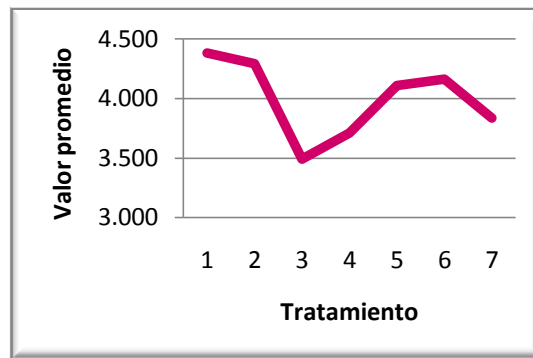
En cuanto a la textura no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, es decir, la concentración del aceite de canela no afectó esta característica.

En la figura 31 se puede apreciar que existe fluctuación entre las calificaciones en cada uno de los tratamientos, sin embargo, esta fluctuación no es estadísticamente suficiente

para poder determinar que exista diferencia, ya que solo hay el 82% de certeza, además de que no forma una línea y la varianza se puede deber al poco rango de las calificaciones.

El que los jueces no hayan notado diferencia significativa entre los distintos tratamientos se puede deber a:

- La evaluación se hizo al siguiente día de aplicación de la muestra.
- La adición de aceite a la película ablanda la muestra sólo un poco, en comparación con la muestra testigo.



**Figura 31.** Comportamiento de la variable Textura

---

\* Comentarios emitidos por los jueces.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados al inicio de este trabajo y en base a los resultados obtenidos podemos concluir que la película mantiene el color y la luminosidad del producto durante los primeros días de aplicación, sin embargo con forme pasa el tiempo va disminuyendo llegando a un punto en que los trozos de manzana de mejor apariencia son aquellos a los que no se les aplicó la película.

En el factor de calidad firmeza sucede lo mismo, pues durante los cinco días posteriores a la aplicación de la película ésta es similar a la original, después de diez días de almacenamiento la manzana tratada con la mayor concentración de aceite de canela empieza a quebrarse dando una apariencia suave a simple vista, cosa que no sucede con el testigo pues éste sigue conservando su firmeza.

En lo que se refiere a la carga microbiana (hongos y levaduras y bacterias mesofílicas aerobias) si hay inhibición de crecimiento considerable en comparación con la muestra testigo, sin embargo entre el tipo de concentración de cada tratamiento no se aprecia, pues sólo es una (0.2% de aceite de canela) la que aún con el paso de los días sigue conservando su alta actividad antimicrobiana.

En la evaluación sensorial realizada no se encontró diferencia entre apariencia, olor y textura, mientras que en sabor los jueces si encontraron diferencia significativa debido al sabor astringente de la película, según sus comentarios.

Se concluye de manera general que la aplicación de una película de quitosano con la adición de un antimicrobiano (aceite de canela) podría ser una alternativa viable para mantener la calidad y aumentar la vida de anaquel de trozos de manzana, aumentando las posibilidades de comercialización de este tipo de alimentos; por lo tanto la hipótesis formulada es aceptada.

## BIBLIOGRAFIA

Aguilar R. "Comportamiento en características de calidad de líneas extra firmes de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en poscosecha". Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2004.

Anónimo 1. Aceite esencial: canela. [En línea] Consultado el 20 de febrero de 2011. Disponible en:  
<http://foro.deperfumes.com/viewtopic.php?t=115>

Anónimo 2. Eroski consumer. [En línea] Consultado el 20 de febrero de 2011. Disponible en:  
<http://frutas.consumer.es/documentos/frescas/manzana/intro.php>

Anónimo 3. Infoagro.com. [En línea] Consultado el 20 de febrero de 2011. Disponible en:  
[http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tradicionales/manzana.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/manzana.htm)

Anzaldúa-Morales Antonio. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza España: Editorial Acribia S.A., 2004.

Bautista Bolaños Silvia, Bravo Luna Leticia. "Evaluación del quitosano en el desarrollo de la pudrición blanda del tomate durante el almacenamiento". Revista Iberoamericana de Tecnología de Postcosecha, 2004, 63/67.

Bosques Molina Elsa. "Desarrollo de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para la conservación de frutas". Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana, 2004.

Cagri A., Ustunol Z., Ryser E. Antimicrobial and edible films and coatings. Journal of food protection, (2004): 833/847.

Castro P., "Propiedades de la quitina y el quitosano". Periodismo de Ciencia y Tecnología, 2000, 223.

De la Rosa Matildes Alejandra M. "Análisis sensorial adicionado con leche de soya". Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2009.

Guilbert S. Technology and applications of edible protective films. Food packaging and preservation theory and practice. Editado por Mathlouthi, Ed. Elsevier Applied Science Publishers, Estados Unidos. (1986): 356.

Guzmán G. "Efecto del tipo de plastificante en películas de quitosano". Tesis Licenciatura. UDLAP, 2003.

Hernández Lauzardo Ana Niurka, Bautista Bolaños Silvia, Gerardo Velázquez Miguel. "Potencial del quitosano en el control de las enfermedades de postcosecha". Revista Mexicana de fitopatología, 2004, 198/205.

Huxsoll, C.C., H.R. Bolin and A.D. King. Jr. "Physiochemical changes and treatments for lightly processed fruits and vegetables". In: J.J. Jen (ed.), Quality factors of fruits and vegetables-chemistry and technology. American Chemical Society, Washington D.C., 1989, 203/215

Kester J. y Fennema O. Edible filmsand coatings: a review. Food technology. (1986): 47/59.

Labuza T. y Contreras M. Prediction of moisture protection requirements for food. Cereal Food World. (1981): 26/335.

Pablo Valencia Leticia. "Evaluación de cubiertas de quitosano aplicadas en papa para prolongar la vida de anaquel". Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2010.



Pantastico, E. Fisiología de la Postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales: Editorial continental S.A., 1984.

Pastor C, Ortolá M.D. Aplicación de films comestibles en fresas (*Fragaria spp*) de la variedad Ventana. Universidad Politécnica de Valencia, 2005.

Peral I. y Gartzial. 2002. Elementos valiosos en los residuos de industrias transformadoras de productos de pesca: quitina, quitosano y sus aplicaciones.

Disponible en:

<http://www.poscosecha.com/docs/quitina.html>

Reboloso Padilla Oscar N. Manual de microbiología de alimentos. Consultado en octubre de 2010

Rojas Graü María. "Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzanas frescas cortadas: Una nueva estrategia de conservación". Tesis Doctoral. Universidad de Lleida, 2006.

Salvador A., Cuquerella J. y Monterde A. "Efecto del quitosano aplicado como recubrimiento en mandarinas Fortune". Revista Iberoamericana de Tecnología de Postcosecha. 2003, 122/127.

Sánchez F. Caracterización de las propiedades ópticas, mecánicas y de barrera de películas de quitosano. Tesis de maestría. UDLAP, 1998.

Sancho J., Bota E., de Castro J. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. España: Edición de la Universidad de Barcelona, 1994.

Tlacuilo Morales Alejandra y Acosta Lomas Antonio. "Aislamiento de nuevos principios activos a partir de plantas terrestres". Infármate, 2007, Año 3, Num. 17.

Universidad Veracruzana. La canela. 2010. Jalapa Veracruz. DIPROCAFE. [En línea]  
Consultado el 20 de febrero de 2011. Disponible en:  
[http://www.diprocafe.org.mx/libros\\_electronicos/canela/xuwa\\_canela.pdf](http://www.diprocafe.org.mx/libros_electronicos/canela/xuwa_canela.pdf)

Velázquez Hidalgo Y., Sosa Morales Ma. y Argaiz Jamet A. Aplicación de películas de quitosano durante el almacenamiento de tartaletas de manzana precocida refrigerada. Universidad de las Américas, 2007.

Xing Yage, Li Xihon, Xu Qinglian, Yun Juan, Lu Yaqing, Tang Yao. Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Food Chemistry. (2007): 1443/1450.

## ANEXOS

### 1. Análisis de varianza factorial para la variable luminosidad

The GLM Procedure						
Class Level Information						
Class	Levels	Values				
Trat_	7	1	2	3	4	5 6 7
Dias	2	1	2			
Number of observations						56
The GLM Procedure						
Dependent Variable: Luminosidad		Luminosidad				
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	13	451.6153405	34.7396416	3.45	0.0011	
Error	42	422.6316938	10.0626594			
Corrected Total	55	874.2470342				
R-Square		0.516576	Coeff Var	4.769072	Root MSE	Luminosidad Mean
				3.172170	66.51545	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
Dias	1	81.6149290	81.6149290	8.11	0.0068	
Trat_	6	110.1638619	18.3606436	1.82	0.1174	
Trat_*Dias	6	259.8365496	43.3060916	4.30	0.0018	

### 1.1 Análisis de varianza factorial para la variable eje "a"

The GLM Procedure						
Class Level Information						
Class	Levels	Values				
Trat_	7	1	2	3	4	5 6 7
Dias	2	1	2			
Number of observations						56
The GLM Procedure						
Dependent Variable: a__ a__		a__				
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	13	49.6559330	3.8196872	2.17	0.0289	
Error	42	73.7677880	1.7563759			
Corrected Total	55	123.4237210				
R-Square		0.402321	Coeff Var	57.75304	Root MSE	a__ Mean
				1.325283	2.294742	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
Dias	1	15.67274182	15.67274182	8.92	0.0047	
Trat_	6	7.25124658	1.20854110	0.69	0.6603	
Trat_*Dias	6	26.73194460	4.45532410	2.54	0.0347	

## 1.2 Análisis de varianza factorial para la variable eje “b”

The GLM Procedure					
Class Level Information					
Class	Levels	Values			
Trat_	7	1	2	3	4 5 6 7
Dias	2	1	2		
Number of observations					56
The GLM Procedure					
Dependent Variable: b___ b___					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	13	108.3907883	8.3377529	4.20	0.0002
Error	42	83.4360926	1.9865736		
Corrected Total	55	191.8268809			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	b___ Mean	
	0.565045	6.312136	1.409459	22.32935	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	1	22.05453353	22.05453353	11.10	0.0018
Trat_	6	40.94389883	6.82398314	3.44	0.0075
Trat_*Dias	6	45.39235597	7.56539266	3.81	0.0040

### 1.2.1 Prueba de Duncan para la variable eje “b”

The GLM Procedure						
Duncan's Multiple Range Test for b___						
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.						
	Alpha	0.05				
	Error Degrees of Freedom	42				
	Error Mean Square	1.986574				
Number of Means	2	3	4	5	6	7
Critical Range	1.422	1.495	1.543	1.578	1.605	1.626
Means with the same letter are not significantly different.						
Duncan Grouping	Mean	N	Trat_			
A	24.1029	8	6			
B A	22.7990	8	3			
B	22.5703	8	1			
B	21.8928	8	5			
B	21.7877	8	2			
B	21.7711	8	4			
B	21.3816	8	7			

## 2. Análisis de varianza para la variable firmeza

The GLM Procedure					
Class Level Information					
Class	Levels	Values			
Dias	2	1 2			
Trat_	7	1 2 3 4 5 6 7			
		Number of observations	56		

The GLM Procedure					
Dependent Variable: Firmeza					
Firmeza					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	13	44.34477270	3.41113636	11.57	<.0001
Error	42	12.38803991	0.29495333		
Corrected Total	55	56.73281261			

	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Firmeza Mean
	0.781642	14.15506	0.543096	3.836762

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	1	10.17730344	10.17730344	34.50	<.0001
Trat_	6	25.02061780	4.17010297	14.14	<.0001
Dias*Trat_	6	9.14685146	1.52447524	5.17	0.0005

### 2.1 Prueba de Duncan para la variable firmeza

The GLM Procedure					
Duncan's Multiple Range Test for Firmeza					
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.					
		Alpha	0.05		
		Error Degrees of Freedom	42		
		Error Mean Square	0.294953		
Number of Means	2	3	4	5	6
Critical Range	.5480	.5762	.5947	.6081	.6183
					7
					.6264
Means with the same letter are not significantly different.					
Duncan Grouping		Mean	N	Trat_	
	A	4.7995	8	6	
	B	4.5011	8	1	
	B	4.1778	8	3	
	D	3.9043	8	4	
	D	3.4566	8	2	
	F	3.2577	8	5	
F		2.7603	8	7	

### 3. Análisis de varianza para la variable hongos y levaduras con dilución de $10^{-3}$

The GLM Procedure					
Class Level Information					
Class	Levels	Values			
Dias	2	1	2		
Trat_	6	2	3	4	5 6 7
Number of observations					48

The GLM Procedure					
Dependent Variable: H_L__3_		H_L__3_			
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	3062416667	278401515	22.91	<.0001
Error	36	437500000	12152778		
Corrected Total	47	3499916667			

	R-Square	Coeff Var	Root MSE	H_L__3_ Mean	
	0.874997	29.15192	3486.083	11958.33	

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	1	2054083333	2054083333	169.02	<.0001
Trat_	5	766416667	153283333	12.61	<.0001
Dias*Trat_	5	241916667	48383333	3.98	0.0056

#### 3.1 Prueba Duncan para la variable hongos y levaduras con dilución de $10^{-3}$

The GLM Procedure					
Duncan's Multiple Range Test for H_L__3_					
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.					
Alpha		0.05			
Error Degrees of Freedom		36			
Error Mean Square		12152778			
Number of Means	2	3	4	5	6
Critical Range	3535	3716	3835	3919	3984
Means with the same letter are not significantly different.					
Duncan Grouping	Mean	N	Trat_		
A	15875	8	7		
B A	15000	8	6		
B A	13125	8	5		
B A	12500	8	4		
B	11625	8	3		
C	3625	8	2		

### 3.2 Análisis de varianza para la variable hongos y levaduras con dilución de 10<sup>-4</sup>

The GLM Procedure					
Class Level Information					
Class	Levels	Values			
Dias	2	1 2			
Trat_	6	2 3 4 5 6 7			
Number of observations					48
The GLM Procedure					
Dependent Variable: H_L_4_ H_L_4_					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	82241666667	7476515151.5	6.12	<.0001
Error	36	43950000000	1220833333.3		
Corrected Total	47	126191666667			
R-Square		Coeff Var	Root MSE	H_L_4_ Mean	
0.651720		60.32879	34940.43	57916.67	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Dias	1	49408333333	49408333333	40.47	<.0001
Trat_	5	21416666667	4283333333	3.51	0.0110
Dias*Trat_	5	11416666667	2283333333	1.87	0.1240

### 3.3 Prueba de Duncan para la variable hongos y levaduras con dilución de 10<sup>-4</sup>

The GLM Procedure					
Duncan's Multiple Range Test for H_L_4_					
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.					
Alpha		0.05			
Error Degrees of Freedom		36			
Error Mean Square		1.2208E9			
Number of Means	2	3	4	5	6
Critical Range	35432	37248	38433	39284	39932
Means with the same letter are not significantly different.					
Duncan Grouping	Mean	N	Trat_		
A	72500	8	3		
A	70000	8	6		
A	66250	8	5		
A	65000	8	7		
A	62500	8	4		
B	11250	8	2		

### 3.4 Análisis de varianza para la variable Bacterias mesofílicas aerobias con dilución de $10^{-3}$

```

The GLM Procedure
Class Level Information
Class      Levels  Values
Dias              2    1 2
Trat_            6    2 3 4 5 6 7
Number of observations    48

The GLM Procedure
Dependent Variable: Bacterias__3_  Bacterias__3_

Source      DF      Sum of Squares      Mean Square      F Value      Pr > F
Model          11      40769229167      3706293561      40.56      <.0001
Error          36      3289750000      91381944
Corrected Total  47      44058979167

R-Square      Coeff Var      Root MSE      Bacterias__3_ Mean
0.925333      29.89256      9559.390      31979.17

Source      DF      Type III SS      Mean Square      F Value      Pr > F
Dias          1      36686020833      36686020833      401.46      <.0001
Trat_        5      2782104167      556420833      6.09      0.0003
Dias*Trat_   5      1301104167      260220833      2.85      0.0288

```

### 3.5 Prueba de Duncan para la variable Bacterias mesofílicas aerobias con dilución de $10^{-3}$

```

The GLM Procedure
Duncan's Multiple Range Test for Bacterias__3_

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha      0.05
Error Degrees of Freedom    36
Error Mean Square    91381944

Number of Means    2      3      4      5      6
Critical Range    9694    10191    10515    10748    10925

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping      Mean      N      Trat_
A      43875      8      6
A      38625      8      5
B A     34625      8      4
B C     26375      8      7
B C     25250      8      3
C      23125      8      2

```



10<sup>-4</sup>

### 3.6 Análisis de varianza para la variable Bacterias mesofílicas con dilución de

The GLM Procedure						
Class Level Information						
Class	Levels	Values				
Dias	2	1	2			
Trat_	6	2	3	4	5	6
Number of observations		48				
The GLM Procedure						
Dependent Variable: Bacterias__4_ Bacterias__4_						
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	11	1.4406917E12	130971969697	7.30	<.0001	
Error	36	646100000000	17947222222			
Corrected Total	47	2.0867917E12				
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Bacterias__4_ Mean		
	0.690386	67.97492	133967.2	197083.3		
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
Dias	1	1.3068E12	1.3068E12	72.81	<.0001	
Trat_	5	87466666667	17493333333	0.97	0.4464	
Dias*Trat_	5	46425000000	9285000000	0.52	0.7614	

### 4. Análisis de varianza para la variable apariencia

The ANOVA Procedure						
Class Level Information						
Class	Levels	Values				
Trat	7	1	2	3	4	5
Number of observations		385				
The ANOVA Procedure						
Dependent Variable: Apariencia Apariencia						
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	6	27.085714	4.514286	1.11	0.3550	
Error	378	1535.600000	4.062434			
Corrected Total	384	1562.685714				
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Apariencia Mean		
	0.017333	50.03133	2.015548	4.028571		
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
Trat	6	27.08571429	4.51428571	1.11	0.3550	

## 4.1 Análisis de varianza para la variable olor

The ANOVA Procedure						
Class Level Information						
Class	Levels	Values				
Trat	7	1	2	3	4	5 6 7
		Number of observations 385				
The ANOVA Procedure						
Dependent Variable: Olor		Olor				
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	6	21.454545	3.575758	0.89	0.5021	
Error	378	1518.545455	4.017316			
Corrected Total	384	1540.000000				
		R-Square	Coeff Var	Root MSE	Olor Mean	
		0.013932	50.10811	2.004324	4.000000	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
Trat	6	21.45454545	3.57575758	0.89	0.5021	

## 4.2 Análisis de varianza para la variable sabor

The ANOVA Procedure						
Class Level Information						
Class	Levels	Values				
Trat	7	1	2	3	4	5 6 7
		Number of observations 385				
The ANOVA Procedure						
Dependent Variable: Sabor		Sabor				
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	6	169.761039	28.293506	7.81	<.0001	
Error	378	1369.236364	3.622318			
Corrected Total	384	1538.997403				
		R-Square	Coeff Var	Root MSE	Sabor Mean	
		0.110306	47.61189	1.903239	3.997403	
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
Trat	6	169.7610390	28.2935065	7.81	<.0001	

### 4.2.1 Prueba Duncan para la variable sabor

The ANOVA Procedure						
Duncan's Multiple Range Test for Sabor						
NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.						
		Alpha	0.05			
		Error Degrees of Freedom	378			
		Error Mean Square	3.622318			
Number of Means	2	3	4	5	6	7
Critical Range	.7136	.7513	.7764	.7950	.8095	.8213
Means with the same letter are not significantly different.						
Duncan Grouping	A					
Mean	5.3091					
N	55					
Trat	1					

	B		4.4000	55	5
C	B		4.1636	55	7
C	B	D	3.8000	55	6
C	B	D	3.7636	55	4
C		D	3.4000	55	3
		D	3.1455	55	2

4.3 Análisis de varianza para la variable textura.

The ANOVA Procedure					
Class Level Information					
Class	Levels	Values			
Trat	7	1 2 3 4 5 6 7			
		Number of observations	385		
The ANOVA Procedure					
Dependent Variable: Textura		Textura			
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	6	35.179221	5.863203	1.48	0.1852
Error	378	1501.818182	3.973064		
Corrected Total	384	1536.997403			
		R-Square	Coeff Var	Root MSE	Textura Mean
		0.022888	49.86374	1.993255	3.997403
Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Trat	6	35.17922078	5.86320346	1.48	0.1852

5. Formato utilizado para la evaluación sensorial

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_  
 Sesión \_\_\_\_\_ Producto: Trozos de manzana.

Por favor ordene según la preferencia de las siete muestras que se le presentan considerando los atributos de apariencia, olor, sabor y textura. El orden de su preferencia lo puede expresar con valores del 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 donde el 1=menos preferido hasta el 7=más preferido, no debe haber empates. Recuerde no pasarse la muestra hay que desecharla y enjuagarse.

ATRIBUTO	912	542	841	603	259	178	372
Apariencia							
Olor							
Sabor							
Textura							

Comentarios:  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

MUCHAS GRACIAS POR COLABORAR.