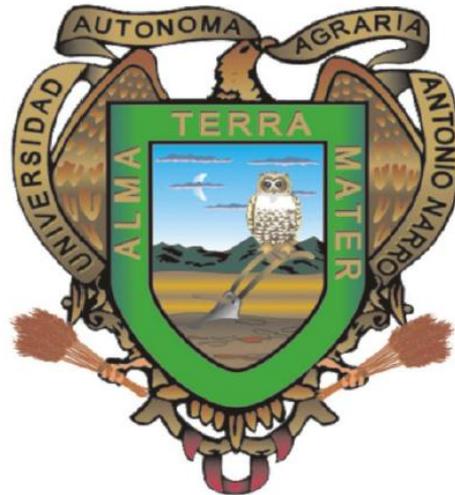


UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



Por:

José Pablo Gandarillas Agilar

TESIS

Evaluación de películas comestibles de *Salvia* hispánica sobre microorganismos en carne de cerdo Landrace x York.

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Marzo del 2016**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

“Evaluación de películas comestibles de *Salvia* hispánica sobre microorganismos en carne de cerdo Landrace x York.”

Por:

JOSÉ PABLO GANDARILLAS AGUILAR

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito

Parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

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

Director

Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez

Asesor

Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez

Asesor

Dr. Jesus Manuel Fuentes Rodriguez

Asesor

M.C. Gustavo Lopez Guarín

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Dr. Jose Duenez Alanís

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Marzo 2016



DEDICATORIA

El siguiente trabajo lo quiero dedicar a mis padres por el apoyo incondicional y las enseñanzas que me brindaron en esta hermosa vida.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer antes que nada a Dios y a la vida por regalarme la oportunidad de lograr uno de tantos sueños y poner en mi camino a gente con tanto valor.

A mis padres, la **Sra. Rocio Aguilar Esquivel** y el **Sr. José Luis Gandarillas Hdz.** por regalarme la vida y enseñarme a vivirla, por todo el apoyo y el amor brindado, por ser mis amigos además de mis padres y sobre todo por darme alas y dejarme usarlas.

A la **Sra. Mari Carmen López Fernández**, por ser uno de esos ángeles que la vida te pone en el camino y un pilar en la construcción de mi proyecto de vida, ya que junto con el Colegio Monte Albán fueron parte primordial de mi crecimiento académico, emocional y humano.

A mi Alma Terra Mater, la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** quien me abrió sus puertas para formarme profesionalmente, dándome armas para la vida. Regalándome la oportunidad de pertenecer a su equipo representativo de football americano, quienes fueron mi segunda familia y un fuerte sostén en los momentos de melancolía y tristeza.

A la **Dra. Ana Verónica Charles**, por las oportunidades brindadas, su tiempo, dedicación, consejos, regaños y apoyo en todo momento.

¡Gracias totales!

Gustavo Cerati (Soda Stereo)

MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA

El suscrito José Pablo Gandarillas Aguilar estudiante de la carrera ingeniero en ciencia y tecnología de alimentos con matrícula 305383 y autor de la siguiente tesis manifiesto que:

1.- Reconozco que el plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.

2.- Las ideas, opiniones, datos e información publicadas por los otros autores y utilizadas en la presente tesis han sido debidamente citadas reconociendo la autoría de la fuente original.

3.- Toda información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el “copiado y pegado” de dicha información.

4.- Reconozco la responsabilidad sobre los derechos del autor de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.

5.- Entiendo que la función y alcance de mi comité de asesoría está circunscrito a la orientación de guía respecto a la metodología de la investigación realizada para la presente tesis, así como del análisis e interpretación de mis resultados obtenidos, y por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionada al plagio académico a mi comité de asesoría y acepto que cualquier responsabilidad respecto es únicamente mía.

Atentamente

José Pablo Gandarillas Aguilar

Tesista de licenciatura UAAAN

RESUMEN

El presente trabajo se basó en la elaboración de películas comestibles, que tiene como principal compuesto el mucilago de *Salvia hispánica* o comúnmente llamada “Chía”, dichas películas fueron aplicadas a carne de cerdo con el fin de evaluar la vida de anaquel y los diversos beneficios que conlleva la utilización de recubrimientos comestibles y funcionales, contemplando como factores de análisis cantidad de nitrógeno y proteína, color (L, a, b), potencial de hidrogeno (pH), análisis de fibra (ácida, neutra y cruda), espesor de la película y el conteo de microorganismo presentes.

Los resultados obtenidos mostraron que la película de “Chía” resulto brindar altos niveles de proteína vegetal, ser rica en fibra, tener una resistencia a la manipulación, no mostro cambios relevantes en el color de la carne al ser aplicada y por ultimo bajo los niveles de microorganismos logrando una reducción de tres ciclos logarítmicos.

Con los datos recaudados y analizados se recomienda la utilización de esta película de “Chía” por sus significantes resultados en cuanto a sus propiedades de retardar el crecimiento de microorganismos y sus aportes nutrimentales, pudiéndose tomar como una iniciativa para que sustituya el manteado de la carne que se practica actualmente en los rastros. Otro beneficio es el bajo costo además de los beneficios anteriormente mencionados.

Palabras clave: *Salvia hispánica, Chía, películas comestibles, microorganismos, vida de anaquel.*

ÍNDICE

Dedicatoria.....	I
Agradecimientos.....	I
Resumen.....	III
I. –INTRODUCCION.....	6
1.1 Justificación.....	7
1.2 Objetivos.....	9
1.2.1 Objetivo general.....	9
1.2.2 Objetivo específico.....	9
1.3 Hipótesis.....	9
II. REVISION DE LITERATURA	
2.1 Recubrimientos comestibles.....	10
2.1.1 Generalidades.....	10
2.2 Principales componentes de los recubrimientos.....	10
2.2.1 Lípidos y ceras.....	11
2.2.2 Hidrocoloides.....	11
2.2.3 Polisacáridos.....	11
2.2.4 Proteínas.....	12
2.3 Propiedades de los recubrimientos.....	12
2.3.1 Propiedades físicas.....	12
2.3.2 Propiedades ópticas.....	12
2.3.3 Propiedades de solubilidad.....	12
2.3.4 Propiedades de espesor.....	13
2.3.5 Permeabilidad.....	13
2.3.6 Propiedades mecánicas.....	14
2.4 Métodos de aplicación.....	14
2.4.1 Aplicación por inmersión.....	14
2.4.2 Aplicación por aspersión.....	15
2.5 Salvia Hispánica.....	15
2.5.1 Historia de la salvia Hispánica.....	16

2.5.2 Descripción botánica.....	16
2.5.3 Usos y aplicaciones.....	17
* Semilla.....	17
* Harina.....	17
2.6 Carne de cerdo.....	18
2.6.1 Producción y consumo de carne de cerdo.....	18
2.6.2 Contaminación de la carne de cerdo.....	19
* Salmonelosis.....	19
* Shigelosis.....	19
* Escherichea Coli.....	19
 III. MATERIALES Y METODOS	
3.1 Materia prima.....	21
3.2 Producción de mucilago de salvia Hispánica.....	21
3.3 Elaboración de películas comestibles de mucilago de salvia Hispánica.....	21
3.4 Caracterización de las películas comestibles de mucilago de salvia Hispánica.....	22
3.4.1 Espesor.....	22
3.4.2 Niveles de proteína	23
3.4.3 Niveles de fibra	23
3.4.4 Color.....	24
3.4.5 pH.....	24
3.5 Análisis microbiológico.....	26
3.5.1 siembra y conteo de microorganismos.....	27
3.6 Aplicación de la películas sobre la carne de cerdo.....	27
3.7 Análisis estadístico.....	27
 IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1 Producción de mucilago de salvia Hispánica.....	28
4.2 Elaboración de películas de salvia Hispánica.....	29
4.3 Aplicación de la película de salvia Hispánica.....	30

4.4	Espesor.....	31
4.5	Concentración de proteína.....	32
4.6	Fibra.....	33
4.7	Color.....	35
	4.7.1 análisis de color del día 6.....	36
	4.7.2 análisis de color del día 10.....	38
	4.7.3 análisis de color del día 15.....	40
4.8	pH.....	43
4.9	Análisis de microorganismos.....	45
V.	CONCLUSIONES.....	49
VI.	LITRATURA CITADA	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Cerdo Landrax X York.....	8
Figura 2	Sacrificio de cerdo con piquete al corazón.....	20
Figura 3	Micrómetro digital.....	22
Figura 4	Colorímetro.....	24
Figura 5	Zonas de toma de muestra	25
Figura 6	Cuarto frio.....	26
Figura 7	Película de <i>Salvia hispánica</i> al 35%.....	29
Figura 8	Carne de cerdo con película aplicada.....	30
Figura 9	Grafica de fibra acida, neutra y cruda en semilla de <i>Salvia hispánica</i>	33
Figura 10	Grafica de fibra acida, neutra y cruda en semilla de película de <i>Salvia hispánica</i>	34
Figura 11	Fotografía de apariencia del día 6.....	37
Figura 12	Fotografía de apariencia del día 10.....	39
Figura 13	Fotografía de apariencia del día 15.....	41
Figura 14	Grafica comparativa de lecturas de color día 6,10 y 15.....	42
Figura 15	Grafica comparativa de lecturas de pH.....	44
Figura 16	Grafico del conteo de microorganismos en carne de cerdo con película de salvia Hispánica y sin película.....	45

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Estimación de consumo de carne de cerdo.....	18
Cuadro 2	Formulación de películas.....	21
Cuadro 3	Cuadro comparativo de extracción de mucilago de salvia Hispánica.....	28
Cuadro 4	Estudio comparativo de espesor en diferentes proporciones en películas comestibles de mucilago de chía.....	31
Cuadro 5	Estudio comparativo de niveles de concentración de proteína y nitrógeno en cuatro concentraciones de mucilago de Chía.....	32
Cuadro 6	Análisis de fibra en semilla de <i>Salvia hispánica</i>	33
Cuadro 7	Análisis de fibra en película <i>Salvia hispánica</i>	34
Cuadro 8	Estudio comparativo de toma de color en carne y grasa, Día 6.....	36
Cuadro 9	Estudio comparativo de toma de color en carne y grasa, Día 10.....	38
Cuadro 10	Estudio comparativo de toma de color en carne y grasa, Día 15.....	40
Cuadro 11	Estudio de pH en los días 10 y 14 de la carne de cerdo tratada y el lanco con desviación estándar.....	43
Cuadro 12	Cuenta total microbiana	45
Cuadro 13	Límites máximos para microorganismos y parásitos (NOM 213).....	46

CAPITULO I

INTRODUCCION

El aumento de interés en la sociedad actual por el deterioro del medio ambiente ha llevado a generar cambios en nuestra forma de vida así como de generar nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente. Una de estas nuevas tecnologías es la aplicación de películas comestibles, que descritas por Guilbert (1986) son una capa delgada y continua, que brinda una barrera a la humedad, oxígeno y solutos, que debe estar fabricada con materiales que puedan ser ingeridos por el humano.

Con el paso del tiempo y con un aumento de las necesidades en el ámbito microbiológico se le dio un plus al uso de las películas, analizando su capacidad para incorporar agentes antimicrobianos para promover estabilidad microbiana a los alimentos, entre la variedad de sustancias a incorporar a las películas se encuentran enzimas, agentes quelantes, bactericida, benzoatos, propionatos, parabenos, sorbatos, agentes curantes y antimicrobianos de origen natural como los aceites esenciales (Rooney, 2002; Cagri y col, 2004; Min y Krochta, 2005; Lin y Zhao, 2007; Ozdemir y Floros, 2008).

Investigaciones actuales han analizado diferentes tipos de plantas y semillas que gracias a sus cualidades puedan aportar una variedad de beneficios a las películas comestibles. Una de esas semillas, es la *Salvia hispánica* o mejor conocida como Chía, que al someterla a un proceso de hidratación se genera un mucilago que otorga propiedades físicas y antimicrobianas deseables para la elaboración de películas comestibles. Las películas comestibles de Chía han sido aplicadas y estudiadas en productos de origen vegetal, como manzanas, tomates, etc... generando muy buenos resultados en la disminución de microorganismos.

Para este trabajo de investigación se aplicaran películas de Chía en carne de puerco para analizar su comportamiento físico, químico y microbiológico. La carne a evaluar serán: dos piernas de cerdo y dos brazuelos del mismo ejemplar, de los cuales uno de ellos se tomó como blanco en la investigación. Los análisis a aplicar son: porcentaje de nitrógeno, porcentaje de proteína cruda, color, pH, conteo de microorganismos, fibra acida, neutra y cruda. Además de buscar nuevos métodos de extracción de mucilago de *Salvia hispánica* "Chía".

1.1 Justificación

En la actualidad el constante bombardeo de los medios en el tema de salud, ecología, productos orgánicos y el uso de diferentes plantas como alternativas sustentables y renovables han generado un alto interés en el mercado internacional. Una de estas nuevas tecnologías son las películas comestibles que brindan a los alimentos cualidades físicas, nutricionales, estéticas y antimicrobianas.

México cuenta con una diversidad tan amplia de plantas con beneficios extraordinarios que aún no han sido explotados, entre ellas encontramos a la semilla de *Salvia hispánica* o también llamada Chía, que por sus cualidades antimicrobianas y sus aportes nutrimentales ha sido un tema de investigación en la producción de múltiples productos, entre ellos las películas comestibles que en su mayoría han sido utilizadas en productos vegetales, brindado muy buenos resultados.

En este proyecto se analizaron y evaluaron las propiedades de las películas de *Salvia hispánica* en la industria cárnica, específicamente en la carne de cerdo Landrace x York (figura 1: cerdo Landrace x York), para de este modo, generar alternativas en la conservación de la carne de cerdo, que no solo aumenten su vida de anaquel, sino que también tengan un aporte nutrimental y ecológico, con el uso de una planta cultivada en México como lo es la *Salvia hispánica*.



Figura 1. Cerdo de la raza Landrax x York de la granja porcina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Elaborar y caracterizar películas comestibles de mucilago de *Salvia hispánica* sobre carne de cerdo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Producir mucílago de *Salvia hispánica*, mediante hidratación, triturado y centrifugado, manejando diferentes tiempos en cada proceso para obtener un mayor rendimiento.
- Elaborar películas comestibles utilizando el mucilago de la *Salvia hispánica* a concentraciones de 25, 30, 35 y 40%.
- Caracterizar químicamente las películas obtenidas.
- Evaluar la calidad de las películas (pH, color y cuenta microbiana) aplicadas sobre la carne de cerdo.

1.3 Hipótesis

- La aplicación de películas comestibles a base de *Salvia hispánica* sobre carne de cerdo aumentan su vida de anaquel.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

2.1.1 Generalidades

Existe literatura de más de medio siglo, donde se tienen reportes de cubiertas comestibles, con el fin de alargar la vida de anaquel de un producto alimenticio, ya sea congelado, fresco o procesado (Villada y col. 2003). Sin embargo, según Hardenburg (1967), se tienen registros en China, entre los siglos XII y XII, de la utilización de ceras para productos cítricos para evitar su desecación. También en Inglaterra, se utilizaba un método llamado “enmantecado”, donde se recubrían los alimentos en grasas para prevenir la pérdida de humedad.

Kester y Fennema (1988), reportan la creación de cubiertas elaboradas a base de lípidos, proteínas, polisacáridos y mezclas. En dicho estudio se analizó a las cubiertas de base en lípidos, como las más exitosas (monoglicéridos, acetilados, ceras y surfactantes), teniendo como función la de bloquear la transferencia de humedad.

2.2 Principales componentes de los recubrimientos

Un recubrimiento comestible, está formado por muchos componentes, los cuales tienen que tener cualidades como un alto peso molecular, para proporcionar una matriz macromolecular con resistencia cohesiva alta. Los tipos de macromoléculas utilizadas para su elaboración tienen la cualidad de ser hidrocoloides (proteínas, polisacáridos) y con una naturaleza sensible al agua (hidrófilos). Otros componentes de los recubrimientos comestibles son los lípidos y las resinas. Además los recubrimientos pueden incluir en la formulación, emulsificantes, plastificantes, agentes de superficie activa (surfactantes), lubricantes, agentes de

liberación específica de compuestos, etc., teniendo una gran variedad de compuestos para mezclar y realizar las películas según las necesidades del producto a proteger (Moreno Jijon, 2010).

2.2.1 Lípidos y ceras

Se tiene registrado que los lípidos, han tenido los mejores resultados en los recubrimientos de frutas, siendo así los más usados por la industria para la protección de las mismas, gracias a que les brinda cualidades tanto estéticas como funcionales (brinda el brillo, son una barrera para el vapor de agua, reducen su respiración y deshidratación). Los recubrimientos de lípidos tienen la desventaja de ser muy frágiles y friables, por lo que para su uso se combina con ceras de Carnauba, cera de abeja, cera de candelilla entre otras, por su cualidad de soporte no lipídica (Pérez y col. 2008).

2.2.2 Hidrocoloides

Los hidrocoloides son macromoléculas que aumentan la viscosidad de los líquidos, llegando en ocasiones a gelificar dándole un aspecto sólido a ese líquido, ya que tiene una gran afinidad por el agua en donde se disuelven en mayor o menor medida (Guilbert, 1986).

2.2.3 Polisacáridos

Una de las principales cualidades de las películas de polisacáridos es la buena barrera que brinda a los gases, además de adherirse fácilmente a superficies de frutas y vegetales. Dentro de la variedad de películas o recubrimientos, se encuentran las elaboradas con polisacáridos de celulosa, almidón, alginatos, quitosano, carragenina, gomas y mezclas. No tiene una resistencia a la humedad (Guilbert, 1986).

2.2.4 Proteínas

Son buenas formadoras de películas y se adhieren a superficies hidrofílicas, lo que quiere decir que tiene una mayor resistencia al vapor de agua pero una alta susceptibilidad al cambio de pH. Pueden brindar un valor nutricional agregado al producto (Baldwin, 1995).

Baldwin (1995) decía que las fuentes más comunes son caseína, zeína, soya, albumina de huevo, lacto albúmina, suero de leche, gluten de trigo y colágeno.

2.3 Propiedades de los recubrimientos

2.3.1 Propiedades físicas

Las propiedades físicas a destacar en los recubrimientos comestibles son: opacidad aparente, color, transparencia, solubilidad, permeabilidad al vapor de agua y a los gases (O₂, CO, etileno) y lo relacionado con la resistencia mecánica (Roblejo, 2009).

2.3.2 Propiedades ópticas

Son todas aquellas propiedades que se pueden percibir con el sentido de la vista, como lo son la forma, el tamaño y características de la superficie como rugosidad, manchas y defectos (Roblejo, 2009).

2.3.3 Propiedades de solubilidad

La solubilidad es una medida de la capacidad de degradación de un recubrimiento en un medio acuoso. Por lo que una mayor solubilidad implica una menor resistencia al agua, lo que implica que si un recubrimiento tiene una alta solubilidad tiene una menor resistencia (Robledo, 2009).

2.3.4 Propiedades de espesor

El espesor de los recubrimientos comestibles está completamente ligado a la permeabilidad de vapor de agua. Contemplando que un recubrimiento mientras tenga un mayor espesor, incrementa la resistencia a la transferencia de masa a través de ella, por lo consiguiente la presión parcial de vapor del agua de equilibrio en la superficie inferior de la cubierta se incrementa (McHugh y col., 1993).

2.3.5 Permeabilidad

Chao y Rizvi (1988), afirmaban que la difusión de un gas, está determinado por el área, gradiente de concentración, temperatura, diferencia de presión a través de la cubierta y la humedad relativa.

Existen dos mecanismos durante el transporte de gas: difusión capilar y difusión activa. La difusión capilar se presenta mayormente en materiales porosos o con imperfecciones en la superficie. Mientras que la difusión activa es la solubilidad del gas en la cubierta, difusión a través de la cubierta y finalmente el paso al otro lado de la cubierta (Guzmán, 2003).

La fuerza de permeabilidad de las cubiertas puede ser alterada por:

- La concentración del catión polivalente
- Velocidad de acción y tiempo de exposición
- pH
- Temperatura
- La presencia de otros constituyentes

2.3.6 Propiedades mecánicas

En los recubrimientos comestibles, las propiedades mecánicas están relacionadas completamente con el tipo de material y la habilidad del polímero para formar puentes moleculares numerosos y estables entre cadenas poliméricas, quienes impiden su separación, a esto se le denomina grado de cohesión. Por este motivo se tiene que tener claro cuál será la función a desempeñar del recubrimiento, para seleccionar las sustancias y/o aditivos y método de aplicación según la naturaleza y necesidades del alimento (Rojas, 2006).

Existen dos fuerzas que estarán involucradas en la utilización de los recubrimientos comestibles, según Olivas y Barbosa-Cánovas (2005)

- Cohesión de las moléculas dentro de la cobertura.
- Adhesión entre el recubrimiento y el alimento.

2.4 Métodos de aplicación

En la aplicación de recubrimientos comestibles se tiene considerados 3 métodos que a continuación se describen.

2.4.1 Aplicación por inmersión

Este método es uno de los más utilizados en la industria alimenticia con frutas, vegetales y productos cárnicos, ya que brinda una capa más uniforme en el alimento sin importar la irregularidad de la superficie. El proceso consiste en sumergir el producto por 30 segundos en el contenedor del recubrimiento, esta técnica es la que arrojó mejores resultados (García, 2009).

2.4.2 Aplicación por aspersión

Uno de los métodos convencionales y usado generalmente en muchos de los casos es la aspersión. Debido a la alta presión con la que sale el recubrimiento se genera un menor gasto de solución formadora de la cubierta, es utilizada para recubrimientos uniformes (García, 2009).

2.5 Salvia Hispánica

La salvia Hispánica es una planta anual originaria de las zonas montañosas del Oeste y centro de México. “Chía” o “Chan” es un vocablo náhuatl que agrupa varias especies botánicas de los géneros *Salvia*, *Hyptis*, *Amaranthus* y *Chenopodium*; su cultivo y utilización fueron considerados por Kirchhoff (1960) como un elemento esencial de la cultura mesoamericana. Debido a que su denominación es en lengua indígena y a que existen descripciones precisas de sus formas de uso, es probable que el conocimiento y la domesticación de esta planta se remonte a una etapa previa a la época prehispánica (Gillet, 1981).

México cuenta con aproximadamente 512 especies de la familia *Labiatae*, de estas 512 especies sobresalen dos géneros: *Hyptis* y *Salvia*, estas son las tradicionalmente llamadas Chías, siendo la Salvia Hispánica la variedad más comercial (Hernández, 1994).

La selección humana ha sido una de las principales causas de la evolución de la planta, esto combinado con la capacidad de la Chía de producir miles de semillas, combinado con un ciclo de vida anual, un sistema de polinización autónomo y la heredabilidad de sus características fenotípicas (Cahill, 2005; Ayerza, 2009).

2.5.1 Historia de la Salvia hispánica

La salvia hispánica o “Chía”, según la descripción del Codex Florentinus, escrito por el fray Bernardino de Sahagún, fue uno de los principales alimentos para las civilizaciones que habitaban la zona de Centro América. El cultivo de la Chía en la época precolombina (3500 años a. C.), fue uno de los principales cultivos dentro de las civilizaciones, superado solamente por el Maíz (*Zea mays*) y el Frijol (*Phaseolus vulgaris*). El mismo autor relata como la Chía era utilizada por los Mayas y los Aztecas como alimento, medicina, ofrenda, para producir aceites de uso cosmético (Hernández, 2008).

A la llegada de los Españoles, la producción de la *Salvia hispánica* fue desplazada por los cereales traídos por los conquistadores, esta razón es la causa de la casi extinción de la Chía. El cultivo solo se preservó gracias a que en las zonas montañosas de México y Guatemala crecía de manera natural. No es hasta finales del siglo pasado cuando resurge el interés por la planta considerándola una clara fuente de fibra cruda, proteína, antioxidantes y el mucilago de la semilla resulta útil como aditivo alimenticio (Bushway, 1981).

2.5.2 Descripción botánica

La Chía (*Salvia Hispanica L.*) es una planta Herbácea, anual, perteneciente a la familia de las labiadas (*Lamiaceae*) y originaria de las áreas montañosas de México. La altura promedio de esta planta es de 1,5 m. Sus tallos son cuadrangulares, acanalados y pilosos. Las hojas se presentan opuestas, pecioladas y limbo aserrado. Las flores, hermafroditas, se pueden presentar de forma reunida en ramilletes terminales. Según la variedad de la Chía puede variar el color de los pétalos en blanco y morado. El fruto tiene forma oval de 2 mm de largo por 1,5 mm de ancho, con aspecto liso, brillante, de color pardo grisáceo a blanco con algunas líneas rojas (Bio-Ener S.L, 1996).

2.5.3 Usos y aplicaciones

Semillas

Es considerado un complemento alimenticio, por sus aportaciones de omega 3, fibra y aminoácidos esenciales. Su consumo puede ser molido o bien masticado para permitir su correcto metabolismo (Bio-Ener S.L, 1996).

Otra manera de consumirla es dejandola reposar en agua, ya que las semillas quedan envueltas en un polisacárido mucilaginoso denso (fibra soluble), el cual es excelente para la digestión y el tránsito intestinal (Bio-Ener S.L, 1996).

El consumo en niños es de entre 1 gr hasta 3 gramos como máximo por día. En adultos el consumo puede ir de 1,5 gramos hasta 4,3 gramos como máximo por día (Bio-Ener S.L, 1996).

Harina

Es útil en la industria para enriquecer productos de panadería, bebidas y varias preparaciones culinarias. Por sus características se pueden generar panes enriquecidos de manera natural con omega 3 adicionando un 5% en peso de semillas de Chía. Es utilizado también en la preparación de alimentos para diferentes animales con el fin de enriquecer el perfil lipídico ya sea de carnes, huevos o leche (Bio-Ener S.L, 1996).

2.6. Carne de cerdo

2.6.1 Producción y consumo de carne de cerdo

La carne de cerdo es la más consumida en el mundo, duplicando y superando en algunos casos su consumo, en comparación con carne de res o pollo. A nivel mundial se producen aproximadamente 100 millones de toneladas (Cuadro 1). En el 2005, el promedio de consumo per capita de carne de cerdo fue de 30 kg (Bobadilla, 2010).

En México, excluyendo el sacrificio clandestino, se producen anualmente más de 650000 ton y se demandan más de 790000 ton de carne, siendo una de las principales fuentes de proteína animal. Además, es el segundo mercado demandante de alimentos balanceados, después de la avicultura (FIRA, 1997).

Cuadro 1. Estimación de consumo nacional aparente 2000-2005.
(SAGARPA, 2005).

Año	Composición en volumen (toneladas)			Composición porcentual (%)		
	Producción	Importaciones	Exportaciones	Producción	Importaciones	Total
2000	1029955	353376	31710	73.3	26.7	100
2001	1057843	392171	36189	72.3	27.7	100
2002	1070246	427228	23869	71.0	29.0	100
2003	1035308	503517	23176	65.8	33.2	100
2004	1054382	212547	26331	62.8	37.2	100
2005	1102940	564627	38314	65.3	34.7	100

2.6.2 Contaminación de la carne de cerdo

Para asegurar que la carne llegue de una manera inocua al consumidor es necesario seguir algunos lineamientos durante el sacrificio, faenado, almacenamiento, transporte y distribución del producto, siguiendo estrictas medidas de control con el fin de evitar la contaminación y proliferación de microorganismos patógenos. (Manual de buenas prácticas, SAGARPA 2010)

Entre los principales enfermedades de transmisión alimentaria en la carne de puerco se encuentran: *Salmonellosis*, *Shigellosis* y *Escherichia coli*. (Humara, INIFAP 2013).

2.6.2.1 *Salmonellosis*

Esta es una de las enfermedades de transmisión alimentaria más comunes en el mundo. Se localiza en productos como huevo, carne de cerdo, carne de pollo y embutidos. La contaminación más común de salmonellosis es porque el alimento entro en contacto con heces humanas o bien aguas residuales, lo que se denomina contaminación exógena. En el 2010 se reportaron en México 79,845 casos de paratifoidea y 29,625 casos de tifoidea. (Humara, INIFAP 2013).

2.6.2.2 *Shigellosis*

El género bacteriano de la Shigellosis no está directamente asociado a enfermedades en los animales de consumo, sin embargo se presenta en la flora intestinal del animal teniendo una posible contaminación de la carne ya sea por contacto directo o por el uso de aguas contaminadas con heces. México reporto en el 2010 7459 casos en las primeras 33 semanas (Humara, INIFAP 2013).

2.6.2.3 *Escherichia coli*

Esta bacteria se encuentra comúnmente en el intestino de los animales de sangre caliente, incluyendo al humano. Es el principal indicador de materia fecal en alimentos. Ocasiona dolores abdominales, nauseas, vómitos y ocasionalmente fiebre, solo el 5% de los infectados puede ser propenso a fallas el riñon que pueden derivar en la muerte (Humara, INIFAP 2013).

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en la granja porcina y en el Laboratorio de Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Su localización geográfica 25° 22´ de latitud Norte, longitud 101° 00´ oeste, a una altitud de 1742 msnm.

Se sacrificó un cerdo de la raza Landrax x York de la granja porcina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con una edad de 120 días de nacido y un peso de 67 kg (Figura 2), realizándose todas las inspecciones de antemortem, para después ser desangrado, eviscerado y pelado para continuar con el proceso de cortes primarios de los cuales se tomaron los dos brazuelos y las dos piernas del cerdo para la investigación.



Figura 2. Sacrificio del cerdo con piquete al corazón.

3.1 Materia prima

Para la elaboración de las películas comestibles se utilizaron 4 componentes: agua destilada, cloruro de calcio (CaCl_2), glicerina y mucilago de Chía (*Salvia hispánica* variedad blanca).

3.2 Producción de Mucilago de Chía

La semilla de la *Salvia hispánica* se hidrató con agua destilada en una proporción 0.5:5 (p/v) durante 20 minutos con agitación constante (500 rpm) y a temperatura ambiente. Pasados los 20 minutos se muele la solución en una licuadora por 20 segundos, para finalmente ser centrifugada por 30 minutos a 5000 rpm para separar la semilla del mucilago.

3.3 Elaboración de películas comestibles de mucilago de *Salvia hispánica*.

Se prepararon cuatro soluciones en diferentes concentraciones de mucilago de chía (Cuadro 2). El plastificante empleado fue glicerol al 1% el cual se mantuvo constante, así como el CaCl_2 . Para preparar las películas se debe disolver primero el CaCl_2 en el volumen de agua destilada a una temperatura de 25 C; posteriormente se adiciona el mucilago de chía y se agita constantemente hasta que se homogeniza, finalmente se adiciona el plastificante.

Cuadro 2. Formulación de películas comestibles a base de mucilago de chía.

Concentración (%)	Agua (ml)	Mucilago (ml)	CaCl_2 (%)	Glicerol (%)	Volumen (ml)
25	75	25	0.2	1.0	100
30	70	30	0.2	1.0	100
35	65	35	0.2	1.0	100
40	60	40	0.2	1.0	100

3.4 Caracterización de películas comestibles de mucilago de *salvia hispánica*

3.4.1 Espesor

Para la lectura de esta característica fue necesario el uso de un micrómetro digital (Mitutoyo) que tiene una sensibilidad de 0.0001 mm. Se realizaron películas de Chía en 4 concentraciones distintas (25%, 30%, 35% y 40%) y se tomó un total de 60 mediciones en diferentes puntos elegidos aleatoriamente por cada tratamiento a evaluar, teniendo un total de 240 datos. Al final se calcularon promedios de cada tratamiento (Figura 3).



Figura 3. Micrómetro digital empleado para medir el espesor de las películas comestibles.

3.4.2 Niveles de Proteína

Los niveles de proteína fueron analizados por el método Kjeldahl, de acuerdo con la metodología de la AOAC (1985). El método consiste en digerir las muestras en ácido sulfúrico (H₂SO₄) para después ser destiladas y tituladas para su valoración de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Proteínas} = \text{P2/P0} \times 100 \times \text{F}$$

Dónde:

P2: Nitrógeno (mg).

P0: Peso de la muestra (mg).

F: Factor proteínico.(6.25 por defecto)

3.4.3 Fibra

Los carbohidratos se estimaron como el extracto libre de nitrógeno (ELN) calculado como el porcentaje faltante para completar el 100 % de los componentes. La fibra en detergente neutro (FDN) se determinó según procedimiento publicado por Goering y Van Soest, (1970). Estos análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Nutrición y Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

3.4.4 Color

La evaluación de color en los $\frac{1}{4}$ anterior y posterior se realizó con la ayuda de un colorímetro (Konica Minolta modelo CR-400) (figura 4). Se tomaron lecturas periódicas de L^* , a^* y b^* , en cuatro diferente muestras, tomando por cada uno de los $\frac{1}{4}$ 4 puntos de lectura, tres de ellos en la carne y uno en la parte grasa de la pierna.



Figura 4. Colorímetro, Minolta modelo CR-400.

3.4.5 pH

El pH es un indicador que ayuda a clasificar las sustancias en acida, neutra o básica, esto se calcula con una escala determinada del 0 al 14. Todos los valores inferiores a 7 se consideran lecturas acidas y las que están por arriba del 7 se les clasifica como básicas, teniendo como punto neutro la escala del 7.

En las carnes el pH depende del tipo de fibra que predomine en el musculo, las fibras de contracción o blancas tienen un pH aproximado de 5.5 mientras que los músculos con fibras de contracción lenta o fibras rojas el pH no baja de 6.3 (Ordoñez, 1998).

Se monitoreo el pH de los cuatro cuartos (dos anteriores y dos posteriores) empleando un potenciómetro de punción (HANNA; HI 8424) al inicio de la prueba (animal recién sacrificado), a los 11 y 14 días almacenadas a 4 °C. Las lecturas se realizaron dividiendo la pierna en 3 zonas las cuales se muestran en la figura 5.

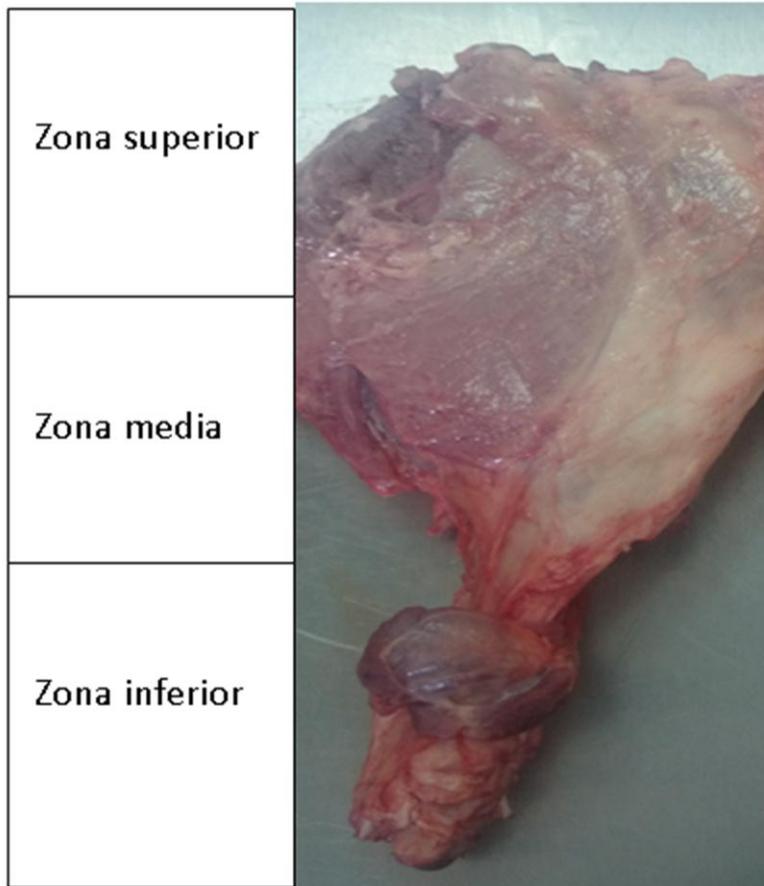


Figura 5. División de zonas de toma de muestra para análisis.

3.5 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico fue realizado a los cuatro cuartos de las muestras, tres de ellas con el tratamiento de la película comestible de Chía y el control. Las muestras se mantuvieron por 64 días en un cuarto frío (figura 6) a una temperatura de 3°C (+/-2), colocadas en charolas de acero inoxidable con una base de papel encerado e identificadas.



Figura 6. Cuarto frío marca BOHN de México, modelo SJHQ301M2CE.

Mediante la técnica de dilución se sembraron cajas Petri con el contenido de agar nutritivo BD Bioxon. Se incubaron por 48 h a 37 C y se registró la cuenta total a las 48 horas.

3.5.1 Siembra Y conteo de microorganismos

Se prepararon diluciones de 10^1 hasta 10^{10} utilizando agua destilada y se sembraron en placas con agar nutritivo. Se incubaron a 37 C y se realizó una cuenta colonias a las 48 horas con una referencia de 20-200 UFC/ml.

3.6 Aplicación de la película sobre la carne de cerdo

De acuerdo con el análisis de las diferentes proporciones de dilución de las películas analizadas y como lo reporta Aguilar, (2013) se optó por trabajar en un 30% para formular la película y aplicarla a la carne de cerdo.

Se utilizó la aspersion para facilitar la aplicación de la película sobre las piezas de carne de cerdo y para acelerar el secado fueron tratadas con aire forzado por 30 minutos a temperatura ambiente.

3.7 Análisis estadístico

Se realizó un análisis completamente al azar con un nivel de significancia de $P > 0.05$ empleando el paquete estadístico MiniTab.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Producción de mucilago de *Salvia hispánica*

En la producción de mucilago de Chía se analizaron dos opciones basadas en investigaciones anteriores, en la primera de ellas se molía la semilla con agua y se filtraba bajo condiciones de vacío, esto representa un método económico pero lento ya que en promedio se filtraban 100 ml/60 minutos. La segunda opción fue hidratar la chía con agua a 37 °C con agitación por una hora, para después licuarla por 10 segundos y finalmente ser centrifugada para la separar el mucílago de la cascarilla (proceso A).

Al final se optó por la segunda opción, pero se modificaron pasos del proceso. Lo primero que se cambio fue la temperatura del agua, se pasó de 37°C a una a temperatura ambiente (24°C +/- 3°C). El tiempo de agitación se redujo de 1 hora a 20 minutos (proceso B) y por último se aumentó el tiempo de molienda con la licuadora de 10 segundos a 50 segundos divididos en 5 toques de 10 segundos (cuadro 3). Esta modificación logró aumentar el rendimiento al 70%, mientras que porcentajes del 24% fueron reportados por Cuapio (2012) empleando sólo la técnica de centrifugación.

Cuadro 3. Estudio comparativo de procesos para extracción de mucilago de chía

Proceso	Temperatura de agua(°C)	Agitación (min)	Licuadora (seg)
A	37	60	10
B	24	20	50

Gracias a las modificaciones en el proceso se pueden abaratar los costos de producción y el tiempo de producción sin disminuir el rendimiento, el cual en los dos procesos es igual, por cada litro de agua con 100 gramos de Chía se obtienen 700 ml de mucilago.

4.2 Elaboración de películas de *Salvia hispánica*

La película se realizó con base al mucílago, un tetrapolisacárido lineal compuesto por D-xilosa, D- glucosa, 4-o-metil-D-ácido glucurónico en proporciones de 2:1:1, cuyo peso molecular varía entre 0.8 y 2.0 x10⁶ Da, presentando una elevada viscosidad en agua (Lin, 1994).

Las películas de Chía tienen una textura pegajosa y una facilidad de manipulación al momento de ser retiradas de las cajas Petri. Su manipulación, una vez retiradas de las cajas Petri se complica por su textura pegajosa ya que se adhiere fácilmente en cualquier superficie lo que puede ser una ventaja a su vez (figura 7, película de chía al 35%). Por las cualidades de manipulación, niveles de fibra, proteína y los anteriores estudios realizados por Aguilar-Reynosa (2013) en películas de *Salvia hispánica* se optó por trabajar con la película formulada con un 35% de mucilago.



Figura 7. Película elaborada a base de mucilago de Chía al 35%.

4.3 Aplicación de película

Se aplicó una película comestible a base de mucilago de Chía por el método de aspersión con tres repeticiones y un control a las 24 horas del sacrificio del cerdo.

Uno de los problemas presentados fue la viscosidad de los componentes para formar la película y pequeños restos de semilla que complicaban la aspersión con los atomizadores convencionales.

Una vez aplicada la película sobre las piezas de carne se colocaron ventiladores para reducir el tiempo de secado de la película, el cual fue de aproximadamente de 30 minutos. En la figura 8, se muestran las cuatro piezas de carne con tres repeticiones en las cuales se aplicó la película a base de mucilago de chíá y un control. Todas las piezas fueron tratadas en iguales condiciones.



Figura 8. Fotografía de la carne de puerco con película comestible en el día 1

El uso de películas comestibles no es novedoso, sin embargo, en años recientes la industria ha mostrado mayor interés debido a que los consumidores demandan productos saludables, menos procesados, con materiales eco-amigables que los conserven (Gennadios, 1996), por lo que representa una oportunidad mercantil el empleo de ingredientes que aún no han sido explotados como la chíá.

4.4 Espesor

Como se observa en el cuadro 4, existe un aumento paralelo entre la cantidad de mucilago agregado en la película y el espesor de la misma, sin embargo, se observa un salto considerable entre los valores de la formulación 30% y 35%, y como lo menciona Aguilar Mendoza (2013) la formulación de 35% es la que brinda el mejor porcentaje de deformación (19.45%) con el menor consumo de mucilago. Esto puede ser debido a que las semillas de chíá al ser sumergidas en agua, quedan envueltas por material de aspecto gelatinoso conocido como mucílago, por lo que las películas elaboradas con este polisacárido pueden ser más pegajosas que las de pectina debido al grado de viscosidad del mucílago

Cuadro 4. Estudio comparativo de espesor en diferentes proporciones en películas comestibles de mucilago de chíá.

Mucilago de Chíá (%)	Espesor (mm)
25	0.0629 +/- 0.0055
30	0.0651 +/- 0.0083
35	0.0718 +/- 0.0059
40	0.0761 +/- 0.0068

Los recubrimientos comestibles se clasifican de acuerdo al material con que se elaboran, dentro de los que se encuentran proteínas, polisacáridos, entre otros (Falguera, 2011). La efectividad de un recubrimiento depende del control y habilidad de mantener la funcionalidad de sus componentes como los plastificantes, antioxidantes, solubilidad (Ozdemir, 2008).

La decisión de utilizar las películas formuladas con el 35% de mucilago de *Salvia hispánica*, se basa en el mayor aprovechamiento de la película con el menor costo de producción.

4.5 Concentración De Proteína

Se caracterizaron cuatro concentraciones diferentes de mucilago de Chía en la producción de películas comestibles para elegir la que más se acomodara a las necesidades del estudio, buscando el mayor aprovechamiento de la película en las piezas de carne.

Uno de los atributos que brinda el mucilago de Chía es el aporte de nutrientes, gracias a eso se le consideraría, no solo un recubrimiento que ayuda a preservar un alimento, sino que además le da un valor agregado.

De acuerdo con el análisis realizado, se puede observar en el cuadro comparativo (Cuadro 5), como a pesar de la variedad de concentraciones de mucilago de Chía el porcentaje de proteína (como era de esperarse) no presenta diferencias significativas ($P > 0.05$) por lo que nos permite realizar la selección en base a otros atributos y beneficios que proporcione la película.

El contenido de proteína en semilla de chía varía de 19-23% según Fennema, (1989), sin embargo, las unidades estructurales que componen el polisacárido de mucilago de la semilla de la son residuos de un tetrasacárido con 4-O-metil- alfa-D- glucoronopiranosil apareciendo con ramificaciones en 0-2 de beta-D-xilopiranosil en la cadena principal que consiste en unidades de (1-4)-beta-D-xilopiranosil-(1-4)-alfa-D- glucopiranosil-(1-4)-beta-D-xilopiranosil (Kuei-Ying, 1994); por lo que el contenido de proteína debe ser bajo o nulo.

Cuadro 5. Estudio comparativo de niveles de concentración de proteína y nitrógeno en cuatro concentraciones de mucilago de Chía.

Destilado de Muestras NITROGENO y PROTEINA			
MATERIA	TITULACIÓN (ml)	% PC	% Nitrógeno
película 25%	0.4	0.123	0.766
película 30%	0.3	0.123	0.766
película 35%	0.4	0.123	0.766
película 40%	0.2	0.105	0.656

4.6 Fibra

El análisis de fibra realizado fue en función de tres tipos de fibra: acida, neutra y cruda con dos variantes a analizar. Por una parte se analizó la semilla de la *Salvia Hispánica* o Chía y por otra la película preparada con el mucilago de *Salvia Hispánica* a 35%. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis de fibra en semilla de *Salvia hispánica* o Chía.

SEMILLA DE CHIA (%)	
Fibra acida	13.481
Fibra Neutra	20.746
Fibra Cruda	50.393

De acuerdo con el análisis, se puede observar que el contenido de fibra es alto, lo que indica la presencia de carbohidratos presentes tanto en la semilla como en la película (Figura 6). Jiménez en 2013 reporta datos de fibra cruda de 33% en *Salvia hispánica* L; las diferencias obtenidas en la concentración de fibra cruda pueden ser debidas a la variedad de chía ya que existen blanca, morada y negra y su composición química varía considerablemente.

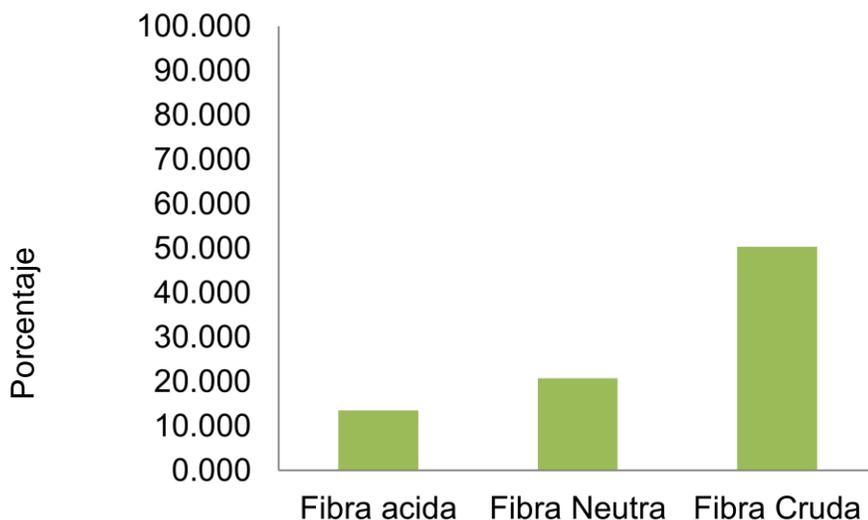


Figura 9. Estudio comparativo de fibra acida, neutra y cruda en semilla de Chía

Se realizó el mismo proceso para la valoración de fibra cruda, neutra y acida en la película de *Salvia hispánica* formulada al 35%, teniendo una baja importante pero esperada ya que al extraer el mucilago se desecha todo el pericarpio de la semilla (cuadro 7).

Cuadro 7. Análisis de fibra en película *Salvia Hispánica* o Chía.

PELICULA DE CHÍA	
Fibra acida	0.523
Fibra Neutra	2.287
Fibra Cruda	1.621

A pesar de la extracción de la mayor parte de las fibras de la semilla de la salvia Hispánica con el proceso en la extracción de mucilago, continua teniendo una presencia de fibra y se observa un balance en los niveles de fibra cruda y neutra (Figura 10).

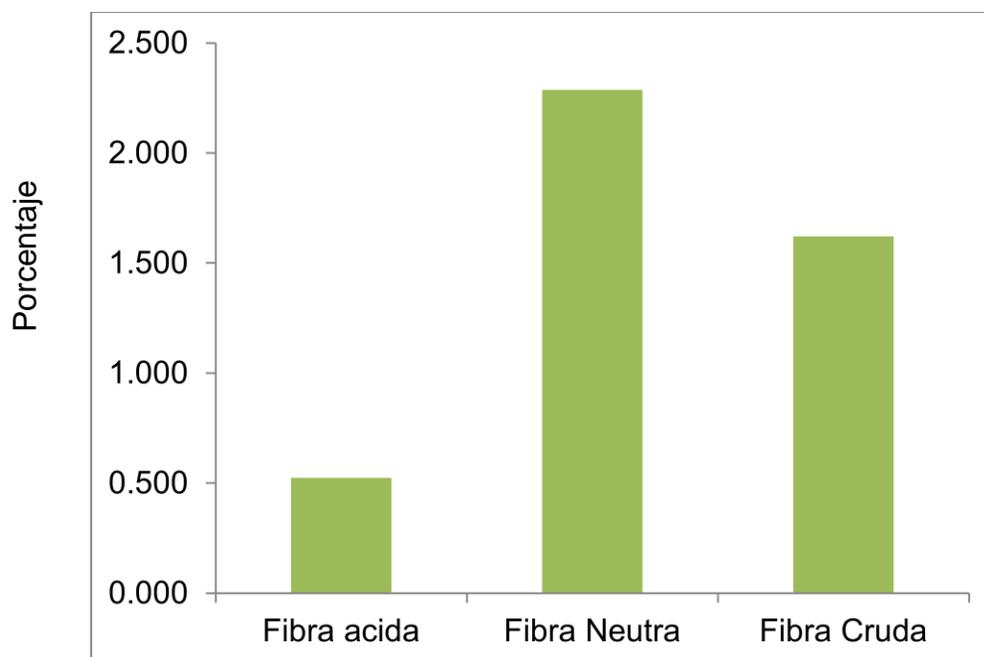


Figura 10. Estudio comparativo del porcentaje de fibras acidas, neutras y crudas en película de chía al 35%.

4.7 Color

Las propiedades ópticas de las películas comestibles: color, opacidad y brillo son una parte importante del análisis, ya que pueden afectar la apariencia del producto y por lo tanto determinan la factibilidad de su uso (Abraján, 2008).

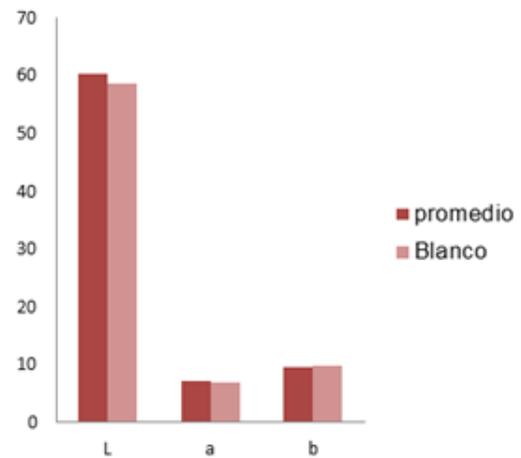
En la investigación se analizó el color, opacidad y brillo de las cuatro piezas de carne con la finalidad de observar cambios entre el blanco y las piezas recubiertas con la película de Salvia Hispánica. En un primer plano se analizó el color de las piernas para ver la capacidad de la película para mimetizarse con las piezas de carne. Se continuo con el monitoreo de color para comparar los cambios entre las piezas tratadas con la película de *Salvia hispánica* y el blanco, para de esta manera confirmar que la película de *Salvia hispánica* tiene efectos benéficos en la conservación de la carne de puerco.

4.7.1 Análisis de color del día 6

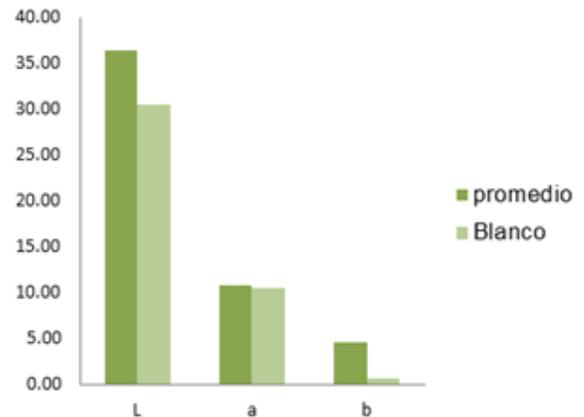
El siguiente grafico muestra las lecturas realizadas sobre la carne a los 6 días de haber sido aplicada la película de *Salvia Hispánica*. Como se muestra en la gráfica no existen valores tan alejados uno del otro, lo cual logra uno de los principales objetivos de la investigación, la mimetización de la película sobre la carne de cerdo.

Cuadro 8: tablas y graficos comparativos de tomas del colorímetro en carne y grasa. Día 6.

Promedio de Colorímetro Carne (04 mayo 2015) DÍA 6			
Muestra	L	a	b
promedio	60.32	7.02	9.60
Blanco	58.44	6.97	9.70



Promedio de Colorímetro Grasa (04 mayo 2015) DÍA 6			
Muestra	L	a	b
promedio	36.37	10.69	4.56
Blanco	30.40	10.39	0.53



De acuerdo con las lecturas del colorímetro los niveles de L, a y b son muy semejantes en la carne de cerdo; sin embargo, en la grasa presenta una diferencia más macada en tanto a la luminosidad, lo que ocasiona una grasa más clara en las piezas de carne de cerdo tratadas con la película (figura 11). Esto puede generar un beneficio al uso de la película de *Salvia hispánica*.



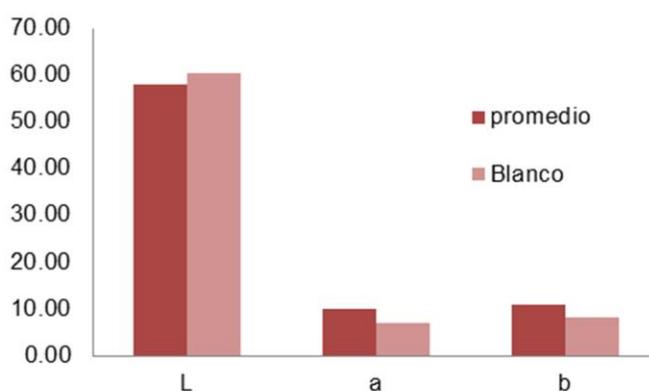
Figura 11. Izquierda pierna tratada con película de chíá; derecha blanco. Día 6.

4.7.2 Análisis de color del día 10

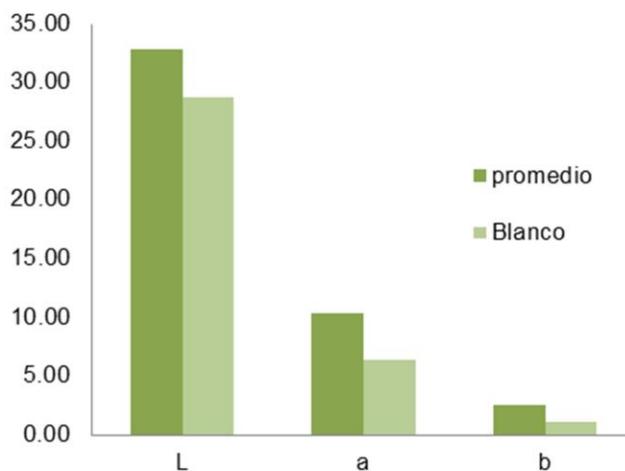
En las lecturas del día 10 se continúa observando una similitud en los valores entre las carnes tratadas y el blanco, pero en comparación de las tomas del día 6 hay una variación más marcada en las piernas tratadas, mientras el blanco mantiene una similitud en tus tomas del día 6 al 10.

Cuadro 9. Estudio comparativo de toma de color en carne y grasa (Día 10)

Promedio de Colorímetro Carne (08 mayo 2015) DÍA 10			
Muestra	L	a	b
promedio	57.93	9.86	10.78
Blanco	60.2	6.80	8.28



Promedio de Colorímetro Grasa (08 mayo 2015) DÍA 10			
Muestra	L	a	b
promedio	32.77	10.29	2.53
Blanco	28.75	6.32	1.07



La diferencia entre la toma de muestra en la parte de la grasa de las piezas aun es evidente y más marcada que la variación entre las tomas de la zona en carne, pero se continua observando un favorecimiento en la claridad de la grasa.



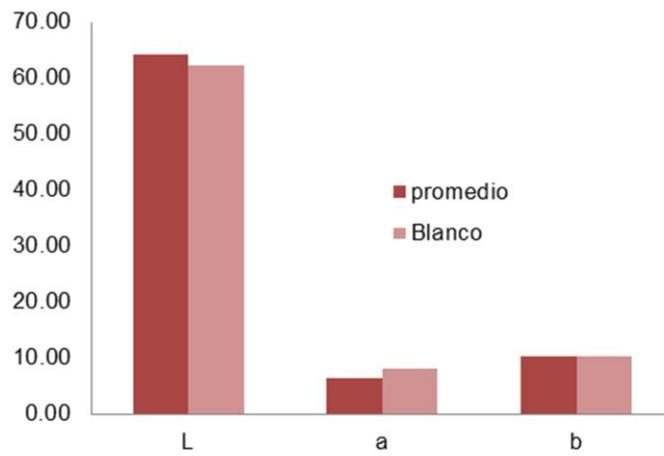
Figura 12. Izquierda pierna tratada con película de chíá; derecha blanco. Día 10.

4.7.3 Análisis de color día 15

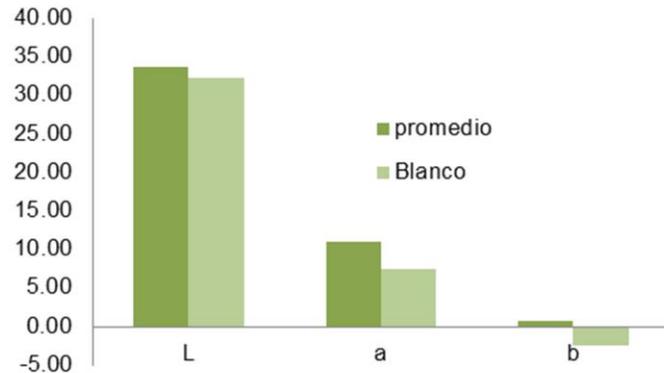
Para el día 15, como se muestra en las gráficas los valores tiene una semejanza más marcada tanto en la carne como en la grasa.

Cuadro 10. Estudio comparativo de toma de color en carne y grasa (Día 15)

Promedio de Colorimetro Carne (13 mayo 2015) DÍA 15			
Muestra	L	a	b
promedio	64.16	6.46	10.23
Blanco	62.30	8.09	10.24



Promedio de Colorimetro Grasa (13 mayo 2015) DÍA 15			
Muestra	L	a	b
promedio	33.56	10.84	0.56
Blanco	32.12	7.34	-2.61



En la última lectura de color de carne de cerdo arroja resultados semejantes entre sí, pero visualmente se percibe un deterioro más marcado en el blanco, teniendo zonas con un obscurecimiento muy marcado el cual no es deseable para la comercialización de la carne de cerdo.



Figura 13. Izquierda pierna tratada con película de chíá; derecha blanco. Día 15.

Analizando los datos de las tomas de los días 6, 10 y 15 y aplicando una desviación estándar, se puede confirmar que la variación entre la Lab es no significativa, generándonos un beneficio en la mimetización de la película sobre la carne de cerdo.

La mioglobina puede existir en cuatro estados de redox en la carne fresca embazada: deoxymioglobina, oxymioglobina, carboxymioglobina y metamioglobina, correspondiendo los primeros tres a un estado de ferroso. La deoximeoglobina es de color rojo purpura y no tiene ningún enlace ligado con el hemo hierro. La oximioglobina es de color rojo brillante y en su sexto enlace hemo hierro, se coordina con el oxígeno. La carboximioglobina es también de color rojo brillante pero en su sexto enlace de hemo hierro se coordina con CO. La metamioglobina está asociada con la decoloración de la carne, con tendencia a una variedad de colores marrones. Representa la forma oxidada (estado ferroso) de la mioglobina. En el sexto enlace M la metamioglobina se coordina con una molécula de agua, siendo incapaz de unirse con el oxígeno y por lo tanto fisiológicamente inactiva.

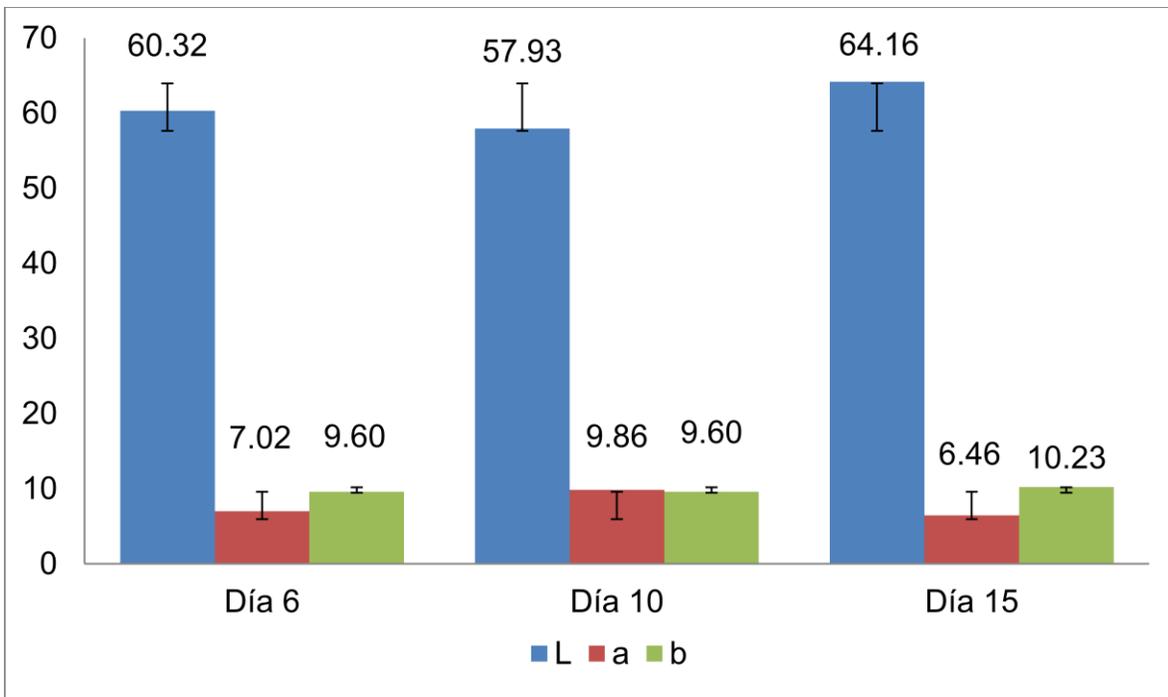


Figura 14. Grafica comparativa de lecturas de color día 6,10 y 15.

4.8 pH

Se analizó el potencial de hidrogeno (pH), en las piernas de puerco con la finalidad de observar si la película de *Salvia Hispánica* podría influir en la acidificación, que a su vez está vinculada con el grado de maduración de la carne.

Los resultados obtenidos de las lecturas en el día 10 y 14 se muestran a continuación en la tabla.

Cuadro 11. Lecturas de pH en los días 10 y 14 de la carne de cerdo tratada y el lanco con desviación estándar.

	pH	Desv. Est.
Día 10	Carne T	4.69
	Blanco	5.54
Día 14	Carne T	6.23
	Blanco	5.98

En la gráfica se puede observar como la carne sin el tratamiento o blanco se mantiene casi con los mismos valores de pH, mientras que la carne con la película de salvia Hispánica aumenta considerablemente, aun así realizando una desviación estándar se puede observar que ese aumento se encuentra dentro de la línea de tendencia.

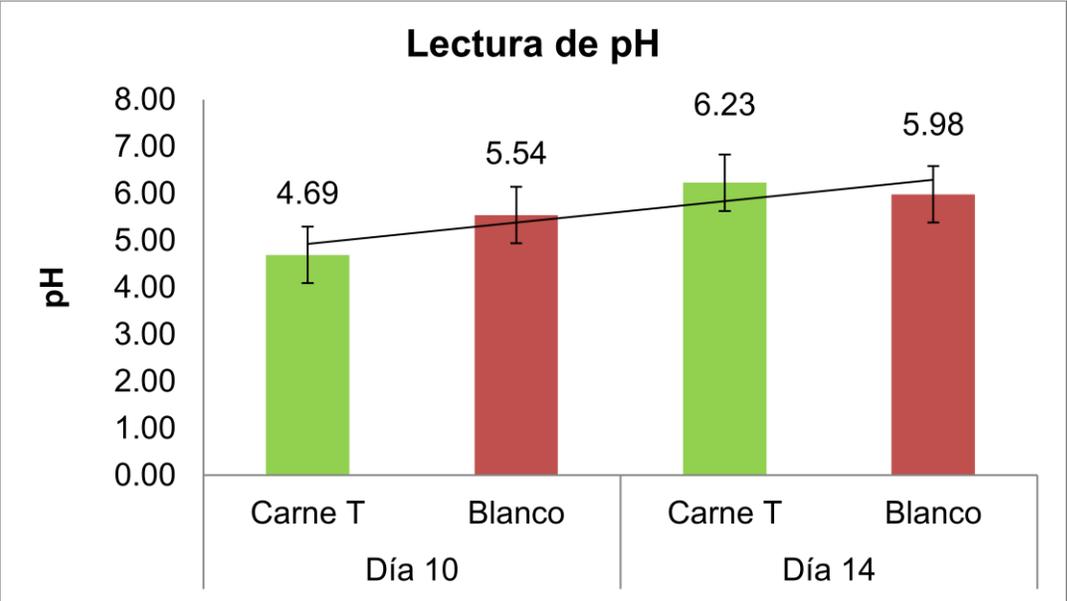


Figura 15. Grafica comparativa de lecturas de pH en días 10 y 14.

El pH óptimo para la maduración de la carne es de 6.1 y 5.7, con dichos datos se puede indicar que la película no influye de manera directa en el pH de la carne, ya que a pesar de la diferencia entre la carne tratada y el blanco las dos se encuentran cercanos a los rangos óptimos de maduración.

4.9 Análisis de microorganismos

Una vez hecho el conteo de microorganismos y teniendo como referencia de 20-200 UFC/ml se obtuvieron los siguientes resultados en el día 65 después del sacrificio.

Cuadro 12. Cuanta total microbiana

Muestra	Unidades
carne + película	5.10E+02
Blanco	8.70E+05

En los resultados se observa que existen diferencias significativas entre la carne tratada con la película de *Salvia hispánica* y el blanco, dando una reducción de la carga microbiana de tres ciclos logarítmicos.

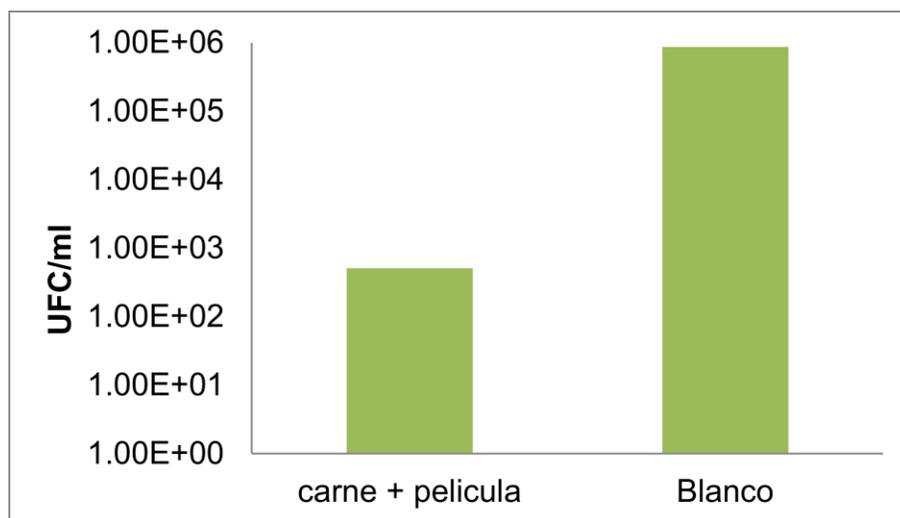


Figura 16. Grafico del conteo de microorganismos en carne de cerdo con película de salvia Hispánica y sin película.

A pesar de la reducción de tres ciclos logarítmicos con la aplicación de la película de salvia Hispánica, de acuerdo con la NOM-213 (Cuadro 13) las piezas no son aptas para el consumo ya que rebasan los límites permitidos de microorganismos; sin embargo, la carne para poderla consumir requiere de un proceso térmico que aseguraría la calidad microbiológica de la misma.

Cuadro 13. Límites máximos para microorganismos y parásitos (NOM 213)

Producto	Mesófilos aerobios (UFC/g)	Coliformes fecales (NMP/g)	Salmonella spp en 25 g	Trichinella spiralis	Cisticercos
Cocidos	10,000 ¹ 60,000 ²	< 3	Ausente	N.A.	N.A.
Crudos	N.A.	N.A.	Ausente	Ausente ³	N.A.
Curados	N.A.	< 3	Ausente	N.A.	N.A.
Marinados o en salmuera	N.A.	< 3	Ausente	N.A.	N.A.
Fritos	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	Ausente

CAPITULO V

CONCLUSION

En el proyecto presentado se logró reducir tiempos y costos para la elaboración de mucilago de salvia hispánica y fue aplicada a carne de cerdo para evaluar su comportamiento con lo cual se llegó a la siguiente conclusión.

El mucílago de chíá de la variedad blanca es apto para formular películas comestibles aplicadas en carnes.

Las películas comestibles a base actúan como barreras impidiendo la proliferación microbiana.

El recubrimiento con películas de *Salvia hispanica* puede ser una alternativa para sustituir el manteado realizado en los rastros.

CAPÍTULO VI

LITERATURA CITADA

Aguilar-Méndez M. (2005) Propiedades físicas y mecánicas de las películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate, tesis para obtener el grado de maestro en tecnología avanzada.

Beltrán-Orozco MC, Romero MR. (2003). chíá . Alimentos milenarios. Revista Industrial Alimentaria. Septiembre-Octubre. Alfa-Editores Técnicos S.A. Iztapalapa, México DF, México.

Biquet, B. y Labuza, T.P. (1988). Evaluation of the moisture permeability of chocolate films as edible moisture barrier. *Journal of Food Science*, 53: 989-991.

Bushway AA, PR Belyea, RJ Bushway. (1981). Chia seed as a source of oil, polysaccharide and protein. *J Food Sci* 46: 1349 – 1350.

Cagri, A., Ustunol, Z. y Ryser, E.T. (2004). Antimicrobial edible films and coatings. *Journal of Food Protection*. 67(4): 833-848.

Cahill JP. (2005). Human selection and domestication of chia (*Salvia hispanica L.*). *J Ethnobiol* 25: 155 – 174.

Debeaufort, F. y Voilley, A. (1995). Effect of surfactants and drying rate on barrier properties of emulsified edible films. *Journal of Food Science and Technology*. 30:183-187.

Donhowe, I.G. y Fenneme, O. 1993. Edible films-barriers to moisture migration in frozen foods. *Food Australian*, 45: 521-525.

Gontard, N., Guilbert, S. y Cuq, J.L. (1992). Edibles wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *Journal of Food Science*, 57: 190-195.

Guilbert, S. (1995). Technology and application of edible protective films. En: G. Barbosa-Conavas, y J. S. Welti-Chanes (Eds). *Food Preservation by moisture control, Fundamentals and applications*. Isopow Practicum II, N.Y. EE.UU. 371-394.

Hernández Gómez JA, Miranda Colin S. (2008). Caracterización morfológica de Chíá (*salvia hispánica L.*). *Rev F Itotec México* 31: 105-103.

Kester J. J. y Fennema, O. (1986). Edible films and coating: A Review. *Food Technology*. 40: 47-57.

M. en C. MVZ Lucía del Carmen Favila Humara, PRINCIPALES
CONTAMINANTES DE LA CARNE DEL RASTRO A SU CONSUMO, CENID
Microbiología Animal, INIFAP

“Semillas de chía”. Información recopilada por el Servicio Técnico de: Bio-Ener
S.L. Barcelona-profesional n° 77 marzo/abril 1996.

Rooney. (2002). Antimicrobial food packing in meat industry. *Meat Science* 62:3.

Rowe, R.C. (1978). The measurement of the adhesion of film coating to tablet
surface: the effect of tablet porosity, surface roughness and film thickness. *Journal
of Pharmaceutical Science*, 30: 343-346.