

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**  
**PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE**  
**ALIMENTOS**



**INFLUENCIA DE UN RECUBRIMIENTO BIOACTIVO A BASE DE GOMA GUAR CON**  
**ACEITE DE TOMILLO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE FILETES DE**  
**PESCADO**

**Por:**

**ALFREDO AGUILAR GONZÁLEZ**

**TESIS**

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

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**INFLUENCIA DE UN RECUBRIMIENTO BIOACTIVO A BASE DE GOMA GUAR CON  
ACEITE DE TOMILLO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE FILETES DE  
PESCADO**

Por:

ALFREDO AGUILAR GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

La cual fue revisada y aprobada por:

**COMITÉ ASESOR**



**Dra. Xóchitl Ruelas Chacón**

**Asesor principal**



M.E. Laura Olivia Fuentes Lara

**Asesor**



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla



Dr. José Duñez Alarís

**Coordinador de la División de Ciencia Animal**



Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre del 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**INFLUENCIA DE UN RECUBRIMIENTO BIOACTIVO A BASE DE GOMA GUAR CON  
ACEITE DE TOMILLO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE FILETES DE  
PESCADO**

Por:

ALFREDO AGUILAR GONZÁLEZ

TESIS

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

**JURADO CALIFICADOR**



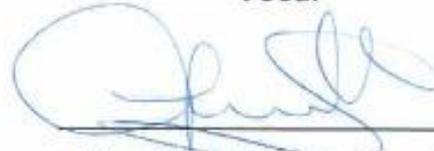
M.C. Oscar Noé Reboloso padilla  
**Presidente**



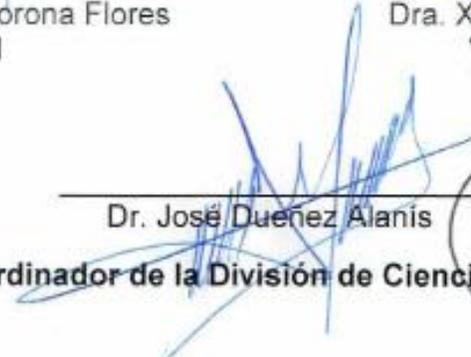
M. E. Laura Olivia Fuentes Lara  
**Vocal**



Dr. José Daniel Corona Flores  
**Vocal**



Dra. Xóchitl Ruelas Chacón  
**Vocal suplente**



Dr. José Duñez Alanís

**Coordinador de la División de Ciencia Animal**



Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre del 2017

## Agradecimientos

A **Dios** por el don de la vida y permitirme culminar una etapa más, recorriéndola a lado de mis padres, hermanos, sobrinos y sobrinas, maestros y amigos.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por abrirme las puertas para realizar mis estudios de mi carrera profesional.

A la **Dra. Xóchitl Ruelas Chacón** por toda la dedicación, motivación y tiempo brindado para trabajar en este proyecto de investigación, y por todo el apoyo y conocimiento brindado durante mi estancia en la universidad.

Al Dr. **Antonio Aguilera Carbó**, a la **ME. Laura Olivia Fuentes Lara**, al **MC. Oscar Noé Reboloso Padilla**, al **Dr. José Daniel Corona Flores** y al **T. L. Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel** por su importante colaboración, apoyo, tiempo y dedicación para la realización de este proyecto de investigación.

A mis amigas y amigos de generación Isa, Tere, Elena, Isela, Jorge y David por los momentos inolvidables que vivimos juntos por las alegrías, tristezas, enojos y todo el apoyo brindado.

A mis paisanos y amigos del internado “palomares” Luis (Furias), Nazaret (Chiquitín), Saúl (Gato), Samuel (Chamito), Pedro, Marco, José (Chepis) Gilberto (Millas), por sus consejos, apoyo y convivencias

A Jorge Olveda y sus “zootecnistas” gracias por todos los momentos que pasamos juntos.

A todos los maestros que en su momento me brindaron las bases necesarias para poder culminar mi carrera profesional.

**¡Gracias!**

## Dedicatorias

### ***A mis padres:***

Por darme el regalo máspreciado que es la vida, por todo el amor, cariño comprensión y dedicación que me han brindado, por sus regaños y consejos que me han hecho fuerte y enseñado a luchar para cumplir mis metas y por todo el esfuerzo que me brindaron para poder culminar mi carrera profesional.

### ***A mis hermanas y hermano:***

Por todo el cariño, amor y comprensión incondicional que me han brindado para culminar mi carrera profesional, por no dejarme solo y por toda la confianza puesta en mí.

### ***A mis sobrinos (as):***

Alexandra, Lesly, Braian y Diego por alegrar mi vida con su inocencia y amor sincero.

### ***A mi cuñado:***

**Dabian**, por todo el apoyo moral y económico brindado incondicionalmente para culminar mi carrera profesional.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos .....	3
1.2 Hipótesis.....	3
1.3 Justificación.....	4
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>5</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Recubrimientos comestibles.....	5
2.1.1 Definición.....	5
2.1.2 Ventajas y propiedades de los recubrimientos comestibles.....	6
2.1.3 Requerimientos de los recubrimientos y películas comestibles para ser aplicadas en alimentos.....	7
2.1.4 Composición de películas y recubrimientos comestibles.....	7
2.1.5 Composición de las matrices estructurales de los RC y PC.....	8
2.1.5.1 Hidrocoloides.....	8
2.1.5.2 Lípidos.....	8
2.1.5.3 Multicomponentes.....	8
2.1.6 Técnicas de aplicación para obtener recubrimientos a base de polímeros.....	9
2.1.7 Recubrimientos comestibles en productos cárnicos.....	9
2.1.8 Incorporación de aditivos en los recubrimientos.....	10

2.2 Aceites esenciales.....	10
2.2.1 Extracción de aceites por arrastre de vapor.....	10
2.2.2 Composición de aceite de tomillo.....	11
2.2.2.1 Carvacrol.....	12
2.2.2.2 Timol .....	12
2.3 La carne de pescado como alimento y materia prima.....	13
2.3.1 Composición de la carne.....	14
2.3.2 Cambios físicos.....	15
2.3.3 Cambios químicos.....	16
2.3.4 Cambios microbiológicos.....	16
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>17</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>17</b>
3.1 Materiales y métodos.....	17
3.2 Preparación de recubrimientos.....	20
3.3 Tratamientos.....	20
3.4 Evaluación de parámetros físicos.....	21
3.5 Evaluación de parámetros químicos.....	21
3.6 Análisis microbiológico.....	28
3.7 variables dependientes e independientes.....	30

<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>31</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>31</b>
4.1 Tratamientos.....	31
4.2 Evaluación de parámetros físicos.....	32
4.3 Evaluación de parámetros químicos.....	35
4.4 Evaluación de parámetros microbiológicos.....	41
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>44</b>
CONCLUSIONES.....	44
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>45</b>
BIBLIOGRAFÍA.....	45
<b>CAPÍTULO VII.....</b>	<b>48</b>
ANEXOS.....	48

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Requerimientos de las PC y RC aplicados en alimentos.....	6
Cuadro 2. Ventajas y propiedades que deben cumplir los recubrimientos.....	7

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Formación de recubrimientos comestibles (RC) por inmersión del producto.....	5
Figura 2. Formación de películas comestibles (PC).....	5
Figura 3. Extracción por arrastre de vapor .....	11
Figura 4. Formación de fases durante la extracción de aceite esencial de tomillo .....	11
Figura 5. Estructura química del carvacrol.....	12
Figura 6. Estructura química del timol.....	13
Figura 7. Filete de pescado con recubrimiento comestible (RC).....	20
Figura 8. Preparación de muestra de pescado para determinación de pH.....	21
Figura 9. Pre incineración de muestra de pescado para la determinación de cenizas.....	22
Figura 10. Digestión de la muestra de pescado para la determinación de proteína.....	24
Figura 11. Destilación de la muestra previamente digerida en aparato Kjeldhal.....	24
Figura 12. Digestión de muestra de pescado para la determinación de grasa.....	25
Figura 13. Extracción de grasa en equipo soxhlet.....	26
Figura 14. Destilación del filtrado para la determinación de NBVT.....	27
Figura 15. Preparación de medios de cultivo.....	28
Figura 16. Frascos de dilución con muestra de pescado.....	29
Figura 17. Colorimetría parámetro L*.....	32
Figura 18. Colorimetría parámetro a*.....	33
Figura 19. Colorimetría parámetro b*.....	34
Figura 20. pH en filetes de pescado durante 15 días de almacenamiento.....	35
Figura 21. contenido de humedad.....	36
Figura 22. contenido de cenizas.....	37

Figura 23. Contenido de proteína.....	38
Figura 24. Contenido de grasa.....	39
Figura 25. Contenido de NVBT.....	40
Figura 26. UFC de enterobacterias en filetes de pescado.....	41
Figura 27. UFC de bacterias aeróbicas psicrófilicas .....	42
Figura 28. UFC de bacterias aeróbicas mesofilicas totales.....	43

## RESUMEN

Los recubrimientos comestibles son sustancias inocuas, legales y aceptables sensorialmente (Velázquez *et al.*, 2014), a los cuales se pueden incorporar aditivos naturales como antimicrobianos, reafirmantes de textura, nutrientes o ingredientes bioactivos que tienen la función de proteger a los alimentos de daños físicos, químicos y microbiológicos que afectan su vida de anaquel (De Ancos *et al.*, 2015). El objetivo del presente trabajo fue investigar el efecto del recubrimiento bioactivo a base de goma guar y aceite de tomillo sobre la calidad de filetes de pescado durante el almacenamiento a temperatura de 4°C durante 15 días y evaluar el recubrimiento como medio para prolongar la vida de anaquel.

El diseño del experimento fue en bloques completamente al azar. Los resultados obtenidos se analizaron con el paquete estadístico JMP 5.0.1 aplicando un análisis de varianza (ANOVA) y en caso de existir diferencia significativa se realizó una prueba de Tukey para la comparación de medias a una  $P > 0.05$ . Se evaluaron parámetros de calidad como: proteína, grasa, humedad, cenizas, pH, color, nitrógeno volátil básico total y análisis microbiológico. Los filetes de pescado con y sin recubrimiento se mantuvieron en refrigeración a temperatura de 4°C durante el trabajo experimental. La evaluación estadística de los resultados del análisis físico-químico demostró que hay diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre el uso o no del recubrimiento, demostrando que existe menor deterioro en las muestras con recubrimiento, mientras que en los parámetros de grasa y cenizas no existe diferencia significativa. En los análisis microbiológicos hubo mayor crecimiento en los tratamientos sin recubrimiento del día 0 y 15 demostrando que el aceite de tomillo actúa directamente como un inhibidor en el crecimiento de la carga microbiana presente en los filetes de pescado.

**Palabras clave:** biopelícula, recubrimientos comestibles, goma guar, vida de anaquel, análisis microbiológico.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la demanda de alimentos inocuos, sanos y nutritivos ha incrementado el desarrollo de nuevas investigaciones para nuevas formulaciones y el uso de recubrimientos y películas comestibles para brindar alimentos aptos para consumo y beneficiosos para la salud (Fernández-Valdés *et al.*, 2015).

El uso de películas y recubrimientos comestibles en los alimentos funcionan como barreras para evitar la transferencia de gases, humedad y nutrientes, por lo que ayudan a disminuir el deterioro de productos alimenticios causado por factores ambientales a los que se expone el alimento (Domínguez-Courtney *et al.*, 2012).

Los recubrimientos comestibles (RC) se pueden definir como matrices transparentes, comestibles y delgadas, estructuradas alrededor de un alimento aplicado generalmente mediante técnicas de inmersión y aspersion con la finalidad de conservar la calidad y además de servir como empaque (Fernández *et al.*, 2015).

Las películas comestibles (PC) se pueden definir como una matriz que ha sido previamente formada por medio del moldeo y generalmente su espesor es mayor a los recubrimientos (Fernández *et al.*, 2015).

Además, los recubrimientos comestibles son sustancias inocuas, legales y sensorialmente aceptables por los consumidores, y generalmente se emplean proteínas, polisacáridos y lípidos para su formulación (Velázquez *et al.*, 2014).

Los recubrimientos comestibles pueden estar formulados mediante la adición de aditivos naturales, los cuales pueden ser: antimicrobianos, reafirmantes de textura, nutrientes o ingredientes bioactivos que tienen la función de proteger a los alimentos de daños físicos, químicos y microbiológicos que afectan su vida de anaquel (De Ancos Begoña *et al.*, 2015).

El propósito principal que se tiene en el uso de recubrimientos comestibles en los alimentos, es evitar la pérdida de humedad, pigmentos, aromas, lípidos, etc. En algunos casos la calidad de las propiedades mecánicas del recubrimiento puede llegar a sustituir los empaques sintéticos (Bósquez *et al.*, 2003).

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general:**

Investigar el efecto del recubrimiento bioactivo a base de goma guar y aceite de tomillo sobre la calidad de filetes de pescado durante el almacenamiento a temperatura de 4°C durante 15 días y evaluar el recubrimiento como medio para prolongar la vida de anaquel.

### **1.1.2 Objetivos específicos:**

Realizar un análisis fisicoquímico de filetes de pescado con recubrimiento funcional durante el almacenamiento a temperatura de 4°C durante 15 días, muestreando cada 5 días.

Realizar un análisis microbiológico para determinar el efecto del recubrimiento funcional sobre la conservación de los filetes de pescado a temperatura de 4°C durante 15 días.

## **1.2 Hipótesis:**

La aplicación de un recubrimiento bioactivo elaborado a base de goma guar y aceite esencial de tomillo puede ser una alternativa para la conservación de la calidad y prolongación de la vida de anaquel de los filetes de pescado a temperaturas de refrigeración.

### **1.3 Justificación**

Actualmente la demanda de alimentos mínimamente procesados está en aumento, además las exigencias por parte de los consumidores son el motivo por el cual se ha puesto mayor interés en desarrollar investigaciones necesarias para la conservación de alimentos, sustituyendo a los conservadores químicos por conservadores obtenidos de fuentes naturales como los son los aceites esenciales.

Por otra parte, el impacto de los empaques sintéticos ha ocasionado uno de los principales problemas de contaminación, por lo cual la elaboración de recubrimientos y películas comestibles se ha desarrollado cada vez más, tomando en cuenta las propiedades mecánicas que pueden llegar a sustituir a empaques sintéticos, protegiendo a los alimentos contra daños físicos, químicos y microbiológicos.

La conservación de alimentos perecederos como lo son los productos cárnicos, es uno de los principales retos de la industria alimentaria, por lo que el desarrollo de recubrimientos y películas no es universal para todos los alimentos y se deberá trabajar más en desarrollar nuevas formulaciones que puedan ser empleadas para cada tipo de alimento. La finalidad de esta investigación es la aplicación de un recubrimiento bioactivo a base de goma guar y aceite esencial de tomillo, para alargar la vida de anaquel del pescado a temperatura de refrigeración durante 15 días.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Recubrimientos comestibles.

##### 2.1.1 Definición

Un recubrimiento comestible (RC) se puede definir como una matriz continua, transparente, comestible y delgada, estructurada sobre el alimento, aplicado generalmente por inmersión del mismo sobre una solución formadora del recubrimiento, como se muestra en la figura 1 (Ángel Espinoza, 2015).



**Figura 1. Formación de recubrimientos comestibles (RC) por inmersión del producto.**

Una película comestible (PC) se define como una matriz previamente formada como se muestra en la figura 2; que se empleará como recubrimiento (Quintero *et al.*, 2010).



**Figura 2. Formación de películas comestibles (PC).**

### **2.1.2 Ventajas y propiedades de los recubrimientos comestibles.**

Un RC o PC es un material de envoltura que emplea la industria alimentaria para la conservación de los alimentos y su vez pueden ser consumidos, debido a que los polímeros empleados son biodegradables, no tóxicos e incrementan la calidad de los alimentos durante su conservación. Por lo tanto, los RC y PC deberán cumplir con las exigencias funcionales que ayuden a controlar o minimizar las causas de alteración en los alimentos. En el Cuadro 1 se muestran algunas ventajas y propiedades de los recubrimientos comestibles (Fernández Valdés *et al.*, 2015).

**Cuadro 1. Ventajas y propiedades que deben cumplir los recubrimientos.**

No deben ser tóxicos.
Requieren tecnología simple para su elaboración.
Ser protectores de daños físicos, químicos y mecánicos.
Deben presentar buenas propiedades sensoriales para no ser detectados durante su consumo.
Prolongar la vida de anaquel de los alimentos y protegerlos contra microorganismos.
Regular condiciones de interface o superficial del alimento a través de la adición de aditivos como antioxidantes, antimicrobianos y nutrientes.

### 2.1.3 Requerimientos de los recubrimientos y películas comestibles para ser aplicadas en alimentos.

Cada vez más se emplean recubrimientos y películas comestibles para la conservación de los alimentos principalmente los percederos como son los productos cárnicos. En el Cuadro 2 se me muestran los requerimientos para hacer uso de PC y RC en alimentos (Oregel Zamudio, 2013).

**Cuadro 2. Requerimientos de las películas y recubrimientos comestibles para ser aplicados en alimentos**

Alta calidad sensorial, debe mejorar la apariencia.
Eficientes propiedades mecánicas y de barrera tanto al vapor de agua como a los gases.
Buenas propiedades de adhesión.
Adecuado soporte para aditivos: antioxidantes, colorantes nutrientes y antimicrobianos.
Inocuidad.
Bajo costo de materia prima y proceso.
Tecnología simple de producción y no contaminante.

Fuente: Debeaufort *et al.*, 1998.

### 2.1.4 Composición de películas y recubrimientos comestibles

Las formulaciones de los RC y PC pueden estar hechas a base de una gran variedad de polisacáridos, proteínas y lípidos, los cuales pueden estar solos o en combinaciones para obtener mejores características que puedan generar grandes ventajas para su aplicación. Además, se puede adherir emulsificantes y plastificantes para mejorar las propiedades finales de los RC y PC (Fernández Valdez *et al.*, 2015).

Comúnmente se emplean plastificantes en las formulaciones de los RC y PC para mejorar las características de flexibilidad y evitar que la fragilidad de los mismos.

Generalmente se emplean glicerol, ácidos grasos, sorbitol, aceites, ceras, entre otros. Mientras que los emulsificantes comúnmente son empleados para favorecer la dispersión del lípido en la matriz hidrocólida, ayudando a reducir la actividad de agua superficial (Fernández *et al* 2015).

### **2.1.5 Composición de las matrices estructurales de los RC y PC**

Los RC y PC son considerados biopolímeros, en base al tipo de compuesto que se emplea en su formulación, por lo que se pueden agrupar en tres grandes grupos:

#### **2.1.5.1 Hidrocoloides**

Formulaciones constituidas por polisacáridos y proteínas de origen animal o vegetal. Presentan buenas propiedades mecánicas y son una barrera para los gases (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) pero no impiden la transmisión del vapor de agua.

#### **2.1.5.2 Lípidos**

Los lípidos se emplean con el objetivo de mejorar la propiedad de barrera al vapor de agua. Entre los lípidos comúnmente empleados en las formulaciones de recubrimientos comestibles se encuentran ceras, ácidos grasos como esteárico, palmítico, láurico y oleico, entre otros.

#### **2.1.5.3 Multicomponentes**

Son formulaciones mixtas de hidrocoloides y lípidos. En general, los lípidos aportan resistencia al vapor de agua, mientras que los hidrocoloides aportan la permeabilidad selectiva al O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, y una buena cohesión estructural, integridad y duración de la película.

### **2.1.6 Técnicas de aplicación para obtener recubrimientos a base de polímeros**

Algunas de las técnicas de aplicación para obtener recubrimientos comestibles, son las siguientes (Miramont *et al.*, 2012):

1. Inmersión: es utilizado para alimentos irregulares, a los cuales se requiere aplicar una cobertura uniforme. Posteriormente se drena del alimento el material excedente, y finalmente se deja solidificar.
2. Atomización (spraying): generalmente empleado en alimentos que solo requieren ser recubiertos solo por una de sus caras o uno de sus lados. Con esta técnica se puede lograr obtener un espesor delgado y uniforme.
3. Otros: cuando se emplean coberturas líquidas que pueden ser aplicadas con pinceles, cepillos, rodillos o directamente se vierten sobre el alimento.

### **2.1.7 Recubrimientos comestibles en productos cárnicos**

Las necesidades de consumo de alimentos de origen animal, son de mayor demanda, debido a sus aportes nutrimentales, pero a causa de la disponibilidad de nutrientes, el crecimiento de microorganismos se efectúa de manera acelerada. Es por ello que el uso de recubrimientos comestibles en carnes crudas y procesadas es cada día mayor por lo que se considera una de las tecnologías prometedoras para la conservación por su capacidad de actuar como barrera para evitar la proliferación de microorganismos (Velázquez *et al.*, 2014).

### **2.1.8 Incorporación de aditivos en los recubrimientos**

Los recubrimientos pueden servir como vehículos para la incorporación de aditivos, como antimicrobianos, que tienen la función de proteger a los productos contra microorganismos, los cuales son una de las principales causas de deterioro. Entre los antimicrobianos naturales que se pueden incorporar en los recubrimientos se pueden considerar a los aceites esenciales (Ramos *et al.*, 2010).

## **2.2 Aceites esenciales**

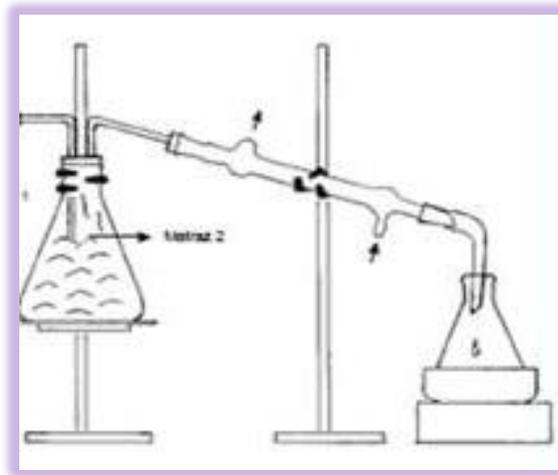
Los aceites esenciales son considerados metabolitos secundarios que son producidos por alguna parte de las plantas (tallos, hojas, flores, etc.), los cuales pueden contener compuestos como: carvacrol, monoterpenos,  $\alpha$ -pineno, limoneno y timol, entre otros (Mari *et al.*, 2003).

El mecanismo de acción de los aceites esenciales sobre los patógenos, se asocia principalmente con la capacidad de interactuar en el citoplasma de la membrana, por lo que sirve como inhibidor del crecimiento de microorganismos (Rosas *et al.*, 2011).

El uso de aceites esenciales puros o en altas concentraciones puede causar toxicidad en humanos, generando irritaciones en la piel hasta producir cáncer. Sin embargo, en concentraciones mínimas no generan daños, además son considerados como GRAS (Ramos *et al.*, 2010).

### **2.2.1 Extracción de aceites por arrastre de vapor**

La extracción de aceites esenciales se realiza principalmente por medio de arrastre de vapor como se observa en la Figura 3; aunque existen diferentes técnicas de extracción.



**Figura 3. Extracción por arrastre de vapor.**

La extracción por arrastre de vapor se realiza debido a que los componentes de los aceites esenciales se caracterizan por ser volátiles, y por medio del vapor existe el desprendimiento de estos; además por medio de la condensación se obtienen los componentes formando dos fases inmiscibles como se muestra en la Figura 4 (Peredo *et al.*, 2009).



**Figura 4. Formación de fases durante la extracción de aceite esencial de tomillo.**

### **2.2.2 Composición de aceite de tomillo**

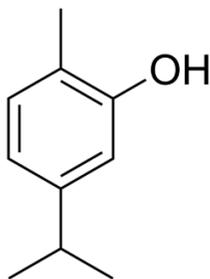
El tomillo (*Thymus vulgaris* L.), es una especie perteneciente a la familia *Lamiaceae*, que se comercializa en fresco o seco, principalmente para la extracción de su aceite esencial, que se encuentra en mayor cantidad en las hojas (Rodríguez *et al.*, 2011).

La composición del aceite esencial de tomillo incluye carvacrol y timol, además puede contener p-cimeno, p-terpineno, linalol, borneol, geraniol y cariofileno. Estos compuestos confieren olores y sabores que se pueden emplear en la industria alimentaria, farmacéutica, perfumería y cosmética (Martínez 2003).

### 2.2.2.1 Carvacrol

Compuesto antimicrobiano presente principalmente en los aceites esenciales de orégano y tomillo, su estructura química se muestra en la Figura 5.

Su mecanismo de acción de este agente antimicrobiano natural, se relaciona con la capacidad de desintegrar la membrana externa de las bacterias Gram negativas, lo que permite la salida de lipopolisacáridos e incrementa la permeabilidad de la membrana citoplasmática (García *et al.*, 2008).



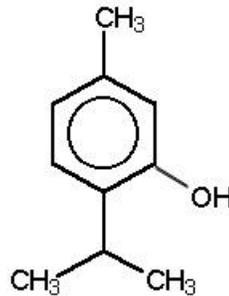
**Figura 5. Estructura química del carvacrol.**

### 2.2.2.2 Timol

Es uno de los agentes antimicrobianos más importantes en la composición del aceite esencial de tomillo, cuya estructura química se muestra en la Figura 6.

El aceite esencial de tomillo es considerado como GRAS por lo que el timol se considera como un agente antimicrobiano empleado en los alimentos, debido a que no es considerado nocivo para la salud de los consumidores. (Olivares *et al.*, 2013)

El timol es un agente capaz de desintegrar la membrana externa de las bacterias Gram negativas (García *et al.*, 2008).



**Figura 6. Estructura química del Timol.**

### **2.3 La carne de pescado como alimento y materia prima.**

La carne es el producto pecuario de mayor valor nutricional, ya que posee proteínas y aminoácidos, minerales, grasas y ácidos grasos, vitaminas, así como pequeñas cantidades de carbohidratos (Piñeiro *et al.*, 2013).

Los principales componentes químicos de la carne del pescado son: agua, proteína y lípidos. Sin embargo los productos de la pesca son considerados como alimentos perecederos, por ello la industria alimentaria ha desarrollado cada vez más las técnicas de conservación entre las que pueden destacar la congelación, enlatado, salazón, ahumado y el uso de recubrimientos comestibles que ha incrementado para una amplia gama de alimentos, cuidando no alterar sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales (López *et al.*, 2013).

### **2.3.1 Composición de la carne**

En términos generales se entiende que la carne está constituida entre 71 y 76% de agua, entre 17y 21% de proteínas, entre el 1 y 7% de grasa, y una mínima parte de minerales.

Por otra parte, la carne de pescado es una fuente de bajo contenido calórico, además que existen especies de pescado ricas en contenido de  $\omega$ -3, siendo de gran importancia en la ingesta por su capacidad de disminución de enfermedades cardiovasculares (Schmidt *et al.*, 1984).

#### **Agua**

El agua es uno de los componentes más importantes que se relaciona directamente sobre la calidad de la carne, además de influir con los cambios que ocurren durante el almacenamiento y procesamiento.

El contenido de agua influye en la variación con el contenido de grasa, si la grasa aumenta, el agua decrece.

#### **Proteína**

La proteína es el componente de mayor importancia y en porcentaje de contenido ocupa el segundo lugar después del agua. De acuerdo con la procedencia de la carne se pueden clasificar en sarcoplasmicas, miofibrilares, y del tejido conectivo.

#### **Grasa**

La grasa es uno de los componentes que se encuentran en la carne, esta se compone de glicerol esterificado con cadenas de ácidos grasos de un número variable de átomos de carbono.

Los lípidos de la carne se encuentran presentes en el espacio intermuscular e intramuscular.

El perfil lipídico de los peces difiere sustancialmente al de los mamíferos. Los peces contienen pequeñas cantidades de ácidos grasos saturados y poseen mayor concentración de ácidos grasos monoinsaturados y ácidos grasos poliinsaturados, especialmente los del tipo omega 3, principalmente eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA).

### **2.3.2 Cambios físicos**

#### **Textura**

La textura en el músculo de pescado es una propiedad de suma importancia, debido a que existen cambios durante el almacenamiento, por ejemplo, puede tornarse a duro durante la congelación, o suave y blando, esto provocado por la degradación autolítica, por lo que el ablandamiento en el musculo, se debe a que está perdiendo su calidad (Suarez *et al.*, 2007).

#### **pH**

El pH del tejido muscular del pescado vivo es muy cercano a la neutralidad, pero debido a la formación de ácido láctico de manera anaerobia, disminuye normalmente durante los primeros días después de su sacrificio. Existen cambios post-mortem, pues el pH es más o menos constante, tomando en cuenta que puede aumentar ligeramente debido a la formación de compuestos básicos (Henrik Huss, H., 1988).

### **2.3.3 Cambios químicos**

#### **Bases Volátiles Totales**

La formación de bases volátiles totales, está directamente relacionado con la evaluación de la calidad del músculo, donde la presencia de Trimetilamina es causada por el deterioro bacteriano, la dimetilamina es producida por enzimas autolíticas durante el almacenamiento en congelación, amoníaco producido por la desaminación de los aminoácidos y nucleótidos, (Tapia, E., 2016).

#### **Oxidación lipídica**

Los lípidos de los pescados son susceptibles a dos reacciones, tal es el caso de la oxidación e hidrólisis; siendo de gran importancia en la calidad del pescado.

Como resultado de estas reacciones existe la producción de sustancias causantes de sabores y olores desagradables (rancio).

### **2.3.4 Cambios microbiológicos**

La flora bacteriana de los pescados que han sido capturados para consumo, depende directamente del medio de captura, es decir en los pescados que se capturan en aguas frías y limpias, existe menor número de microorganismos, mientras que los pescados de aguas cálidas, presentan recuentos ligeramente superiores (FAO, 1998).

Cuando un pez muere, su sistema inmunológico colapsa y comienza la proliferación de las bacterias libremente sobre la piel ocasionando posteriormente que las bacterias puedan introducirse en el músculo (FAO, 1998).

El marco de la revisión de la literatura descrita, llevó al planteamiento de la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el recubrimiento más recomendado para prolongar la vida de anaquel de los filetes de pescado?

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 materiales y métodos**

La parte experimental del presente trabajo se realizó en laboratorio de Nutrición el cual corresponde al departamento de Nutrición Animal y en el laboratorio de alimentos 1 del departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, ambos laboratorios pertenecen a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Saltillo, Coahuila.

#### **Materiales:**

1. Agitadores magnéticos
2. Brocha de silicón
3. Cajas Petri desechables
4. Crisoles
5. Desecador
6. Embudos de filtración Pyrex de 30 mL
7. Espátula
8. Guantes de látex
9. Matraz Erlenmeyer Kimax de 250 y 1000 mL
10. Matraz bola Kimax de 250 mL
11. Micropipeta
12. Papel encerado
13. Papel filtro Whatman

14. Perlas de vidrio
15. Pipetas Kimax de 10 y 1mL
16. Puntillas para micropipeta
17. Termómetro
18. Vasos de precipitado Pyrex de 200 y 100 mL

**Equipos:**

1. Aparato de reflujo Labconco
2. Autoclave SK 100C (since 1889 Yamato)
3. Balanza analítica Ohaus Adventurer
4. Estufa de secado Quincy Lab
5. Fotocolorímetro Minolta CR-400
6. Incubadora Arsa
7. Kjeldahl Labconco
8. Mufla Lindberg Blue In Thermo Scientific
9. Potenciómetro HANNA
10. Refrigerador
11. Soxhlet labconco

**Reactivos:**

1. Ácido bórico al 4% Fisher Scientific
2. Ácido clorhídrico 4M Avantor JT Baker
3. Acido perclórico Merck
4. Ácido sulfúrico 0.1N Avantor JT Baker
5. Ácido sulfúrico concentrado Avantor JT Baker
6. Agua destilada Hycel
7. Granallas de zinc Sigma-Aldrich
8. Hexano Avantor JT Baker
9. Hidróxido de sodio al 20% Avantor JT Baker
10. Hidróxido de sodio al 45% Avantor JT Baker
11. Indicador mixto
12. Mezcla reactiva de selenio Merck

### 3.2 Preparación de recubrimientos

Se preparó la formulación del recubrimiento; en 100 mL de solución, 15 % de goma guar (GG), 30% glicerol (Gly), 30% aceite de tomillo (AT) y 20% tween 80 (T80).

En una parrilla de calentamiento y en agitación constante calentar agua y agregar glicerol, aceite de tomillo y tween 80. Bajar la temperatura manteniendo agitación constante (500 – 600 rpm), posteriormente agregar goma guar hasta disolver completamente.

### 3.3 Tratamientos

Los filetes de pescado fueron obtenidos en una marisquería de la ciudad de Saltillo, las muestras fueron seleccionadas en base a peso, (mayor peso para control y menor peso para tratamiento).

Los filetes de pescado se colocan sobre papel encerado identificando cada uno. El recubrimiento a temperatura de 20°C se aplicó sobre los filetes de pescado por ambos lados, posteriormente se colocan sobre charolas de plástico previamente desinfectadas con solución clorada, fig. 7.

Los filetes de pescado fueron refrigerados a temperatura de 4°C durante 15 días.



**Figura 7. Filete de pescado con recubrimiento comestible (RC).**

### 3.4 Evaluación de parámetros físicos

#### Color

La medida de color se determinó sobre el filete entero, realizando tres lecturas sobre la superficie. Se efectuó con un colorímetro MINOLTA CR-400. El sistema proporciona tres valores de color  $L^*$  (componente negro-blanco, luminosidad) y componentes de cromaticidad  $a^*$  (componente +rojo a -verde) y  $b^*$  (componente +amarillo a - azul). Calibrado previamente con patrón de calibración, con coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de 97.05, 0.46, y 1.78 respectivamente.

### 3.5 Evaluación de parámetros químicos

#### pH

La determinación de pH se realizó mediante el método descrito por López Caballero, *et al.*, (2005), utilizando un potenciómetro portátil (HANNA) y macerando por dos minutos 1 gramo de muestra en 10 mL de agua destilada, fig. 8. Se introduce el electrodo del potenciómetro hasta que aparezca la lectura en la pantalla. Se realizaron 3 lecturas para control y tratamiento respectivamente.



**Figura 8. Preparación de muestra de pescado para determinación de pH.**

### **Humedad.**

La determinación de humedad se realizó en base al método 24003 de la AOAC colocando en un crisol previamente identificado y a peso constante, dos gramos de muestra triturada, mezclando con 2 gramos de arena tratada. Posteriormente se metió el crisol en la estufa (THELCO MODEL 27) a temperatura de 105°C por 24 horas.

El porcentaje de materia seca total se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\%MST = \frac{\text{peso del crisol con arena y muestra despues del secado} - \text{peso del crisol mas arena}}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

### **Cenizas**

El contenido de cenizas se determinó por el método 1021 de la AOAC (1990), colocando en un crisol previamente identificado y a peso constante, 1 gramo de muestra. Posteriormente pre incinerar en parrilla Kjeldhal (Labconco) hasta que deje de desprender humo, pasando el crisol a la mufla (Thermo Scientific) a temperatura de 600°C por 3 horas, finalmente enfriar en desecador y pesar el crisol, Figura 9.



**Figura 9. Pre incineración de la muestra de pescado para determinación de cenizas.**

El porcentaje de cenizas se calculó empleando la ecuación:

$$\%C = \frac{(\text{peso del crisol con cenizas} - \text{peso del crisol solo})}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

### **Proteína**

La determinación del contenido de proteína se realizó por medio del método 24024 de la AOAC (1989), realizando los siguientes pasos:

1. **Digestión:** se pesó un gramo de muestra sobre papel filtro, posteriormente se colocó en el matraz Kjeldahl, adicionando 4 perlas de vidrio, una cucharada de mezcla reactivo selenio y 30 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado.  
  
Se colocó el matraz sobre aparato Kjeldahl (Labconco) en la sección de digestión, encendiendo el extractor de humos, Figura 10.



**Figura 10. Digestión de muestra de pescado para la determinación de proteína.**

- Destilación:** En matraz Erlenmeyer de 300 mL se agregaron 50 mL de ácido bórico al 4% y 5 gotas de indicador mixto. Colocar en la parte de los condensadores para recuperar 250 mL del destilado. Una vez realizada la digestión, se adicionan 300 mL de agua destilada por las paredes del matraz Kjeldahl, el matraz debe estar en contacto con una corriente de agua. Posteriormente se adicionan 5 g de Zinc (catalizador) y 100 mL de NaOH al 45%. Se conecta el matraz Kjeldahl al destilador Figura 11.



**Figura 11. Destilación de la muestra de pescado previamente digerida en aparato Kjeldahl.**

- Titulación:** realizando una titulación del destilado recuperado con ácido sulfúrico 0.1N hasta observar el primer cambio de coloración.

El porcentaje de nitrógeno se determinó empleando la ecuación:

$$\%N = \frac{(mL \text{ gastados de la muestra} - ml \text{ del blanco})(N \text{ de ácido})(0.014)}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

Porcentaje de proteína se determinó empleando la ecuación:

$$\%P = \%N * \text{factor de conversión}$$

Factor de conversión para pescado: 6.25

### **Grasa:**

La determinación de grasa se realizó por el método 985.15, 1990 de la AOAC, este se basa por la diferencia de pesos entre el matraz con extracto etéreo y el matraz a peso constante; empleando la siguiente metodología:

1. **Digestión de la muestra:** se pesaron dos gramos de muestra y se colocaron en vaso Berzelius, agregando 50 mL de ácido clorhídrico, colocando en aparato de reflujo (labconco) por media hora en ebullición constante como se muestra en la figura 12.



**Figura 12. Digestión de muestra de pescado para la determinación de grasa.**

Se coloca papel filtro en embudos de filtración, y vaciar la muestra contenida en vaso Berzelius, enjuagando con agua caliente hasta quitar completamente el ácido contenido en la muestra. Dejar secar el papel filtro.

2. **Extracción:** se coloca el papel filtro con muestra en el sifón, al matraz se le agregan 200 mL de hexano, manteniendo en recirculación por 8 horas como se muestra en la fig. 13; una vez pasado el tiempo se recupera el hexano y el matraz se pasa a la estufa a 100°C durante la noche, finalmente el matraz se coloca en un desecador durante 15 minutos para enfriar y posteriormente pesar.



**Figura 13. Extracción de grasa en equipo Soxhlet.**

El porcentaje de grasa de determinó mediante la ecuación 5:

$$\%G = \frac{(\text{peso de crisol con grasa} - \text{peso de crisol solo})}{\text{gramos de muestra}} * 100$$

## Nitrógeno Básico Total Volátil

El contenido de nitrógeno básico se determinó en base a la siguiente metodología:

1. **Preparación de muestra:** se pesaron 10 g de muestra triturada, homogenizando con ácido perclórico al 6%. En un vaso de precipitados de 200 mL se agregan 90 mL de ácido perclórico al 6%, adicionando 10 g de muestra triturada, posteriormente se coloca en parrilla de agitación durante 5 minutos a 3000 rpm y el sobrenadante se filtra a través de papel filtro, obteniendo así el extracto de la muestra.
2. **Destilación:** en matraz Kjeldahl se introdujeron 50 mL del filtrado y 6.5 mL de disolución acuosa de NaOH al 20%.

El destilado se recupera en 100 mL de ácido bórico al 3%, como se muestra en la figura 14.



**Figura 14. Destilación de filtrado para determinación de NBVT.**

3. **Titulación:** se recuperan 75 mL del destilado, el cual se valora con ácido clorhídrico al 0.01N, empleando el indicador T-Shiro.

La concentración de NVBT se determina por medio de la ecuación:

$$mg\ N/100g\ de\ muestra = \frac{(Vm - Vb) * 0.14 * 2 * 14}{M}$$

### 3.6 Análisis microbiológico

Los análisis se realizaron de acuerdo a las técnicas descritas por Duan *et al.*, (2005), en la cual se evaluó la carga microbiológica de bacterias mesofílicas totales y bacterias psicrófilas; mientras que para las enterobacterias se siguió la metodología descrita por López Caballero *et al.*, (2005).

1. Se preparó la cantidad necesaria de agua peptonada siguiendo las indicaciones del fabricante.
2. Se prepararon los medios de cultivo, en la cantidad necesaria (agar cuenta estándar, agar de bilis verde brillante y agar de bilis rojo violeta con lactosa) basándose en las indicaciones del fabricante, disolviendo hasta ebullición, como se muestra en la figura 15.



**Figura 15. Preparación de medios de cultivo.**

3. Se esterilizaron los medios de cultivo, los frascos y tubos con agua peptonada y las puntillas.
4. Se homogeneizaron 10 g de cada muestra en 90 mL de agua peptonada (dilución  $10^{-1}$ ) (figura 16). Se realizaron diluciones decimales consecutivas hasta la concentración de  $10^{-5}$  (figura 16).



**Figura 16. Frascos de dilución con muestra de pescado.**

5. Para bacterias mesófilicas aeróbicas totales se sembraron en agar cuenta estándar, incubando a  $37^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias por gramos (UFC/g).
6. Para enterobacterias se sembraron en agar de bilis verde brillante incubando a  $37^{\circ}\text{C}$  por 48 horas, los resultados se representaron en unidades formadoras de colonias por gramos (UFC/g).
7. Para bacterias aeróbicas psicrófilicas se sembraron en agar de bilis rojo violeta con lactosa, incubando a  $7^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas, los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias por gramos (UFC/g).

### **3.7 Variables dependientes e independientes**

La necesidad de prolongar la vida de anaquel de los alimentos ha originado el desarrollo de nuevas tecnologías de conservación, es por ello que en este estudio se han tomado como variables independientes las muestras de pescado con y sin recubrimiento a temperatura de refrigeración, para evaluar los cambios que ocurren en el contenido de proteínas, humedad, color, pH, cenizas, NBVT, y microbiológicos, siendo las variables dependientes.

Los datos recogidos para las variables dependientes, se analizaron mediante un análisis de varianza ANOVA y prueba Tukey, utilizando el programa JMP versión 5.0.1.

Este estudio tiene como limitantes la evaluación de textura y firmeza del músculo, así como la evaluación sensorial para determinar la calidad de los filetes por los consumidores.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Tratamientos:

Para la evaluación de la etapa experimental se realizó un análisis estadístico, el cual consistió en analizar las variables físicas de los filetes; color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), también se analizaron las variables químicas, (pH, humedad, cenizas, proteína, grasa, NVBT), además se analizaron las variables microbiológicas donde se determinaron bacterias aerobias mesofílicas totales, enterobacterias y bacterias aeróbicas psicrófilas.

De acuerdo a la hipótesis, en el capítulo I de introducción se deriva el planteamiento de la siguiente pregunta:

¿Cuál es el recubrimiento más recomendado para prolongar la vida de anaquel de los filetes de pescado?

El diseño del experimento fue en bloques completamente al azar. Los resultados obtenidos se analizaron con el paquete estadístico JMP 5.0.1 aplicando un análisis de varianza (ANOVA) y en caso de existir diferencia significativa se realizó una prueba de Tukey para la comparación de medias a una  $P > 0.05$ .

Los datos obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) para las variables (variables dependientes), se muestran en los anexos.

## 4.2 Evaluación de parámetros físicos

### Colorimetría

El color es un factor de calidad de mayor importancia fundamental de los alimentos, ya que la apariencia visual es el primer sentido que se utiliza y por lo tanto es una característica decisiva en su elección. En relación a los resultados obtenidos del análisis de varianza para los parámetros de color L, a\* y b\* indica que existe diferencia significativa.

### Parámetro L

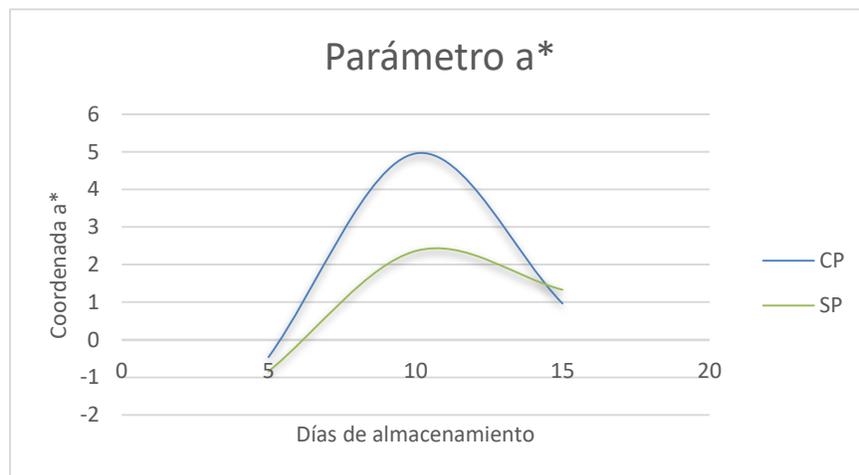
Ávila *et al.*, (2008) han destacado que el uso de plastificantes en películas de lípidos e hidrocoloides reducen el brillo, atribuyendo a la interferencia que existe entre puentes de hidrogeno que se forman entre la fase lipídica y el hidrocoloide. En base a lo anterior en la figura 17 se observa que los filetes sin recubrimiento tienen mayor luminosidad mientras que los tratamientos presentan mayor opacidad, atribuyendo esto al plastificante utilizado, para la formación del recubrimiento en este caso el glicerol.



Figura 17. Colorimetría parámetro L\*.

## Parámetro a\*

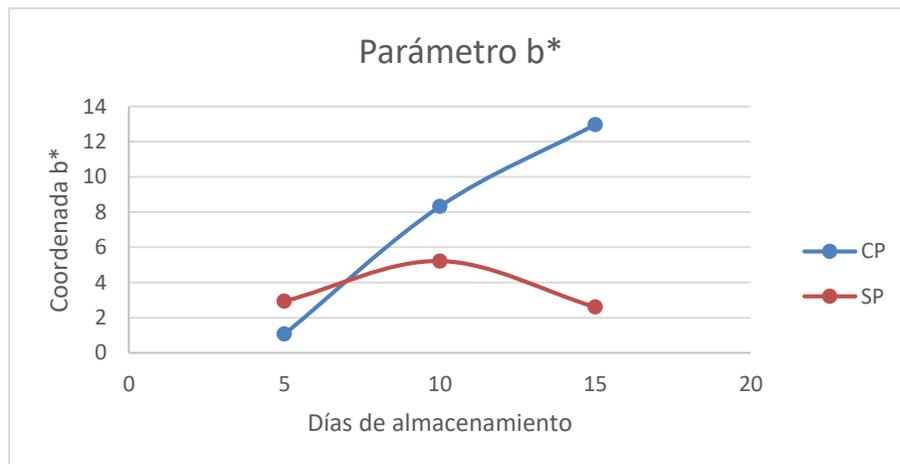
Con respecto a los valores del parámetro a\* se observa en la figura 18, que durante los primeros diez días de almacenamiento hubo un comportamiento creciente en ambos tratamientos (con recubrimiento y testigo), mientras que a partir de los diez días comienza a notarse un comportamiento decreciente en ambos tratamientos por lo que se observa que los tratamientos tendieron hacia el rojo mientras que los controles hacia el verde. Esto se debe a la presencia de agua en los filetes de pescado, haciendo que el deterioro por medio de los microorganismos se acelere más rápido afectando a los testigos, mientras que para los tratamientos se observa pérdida de agua haciendo que el filete se deshidrate y así tener mayor concentración de coloración.



**Figura 18. Colorimetría parámetro a\*.**

## Parámetro b\*

Para el parámetro b\* los tratamientos tendieron hacia el amarillo mientras que los testigos hacia el azul; por lo que se atribuye que los cambios de los tratamientos se deben a los componentes del recubrimiento principalmente por el aceite de tomillo, mientras que los cambios de los controles se debe al deterioro de los filetes, como se observa en la fig. 19.



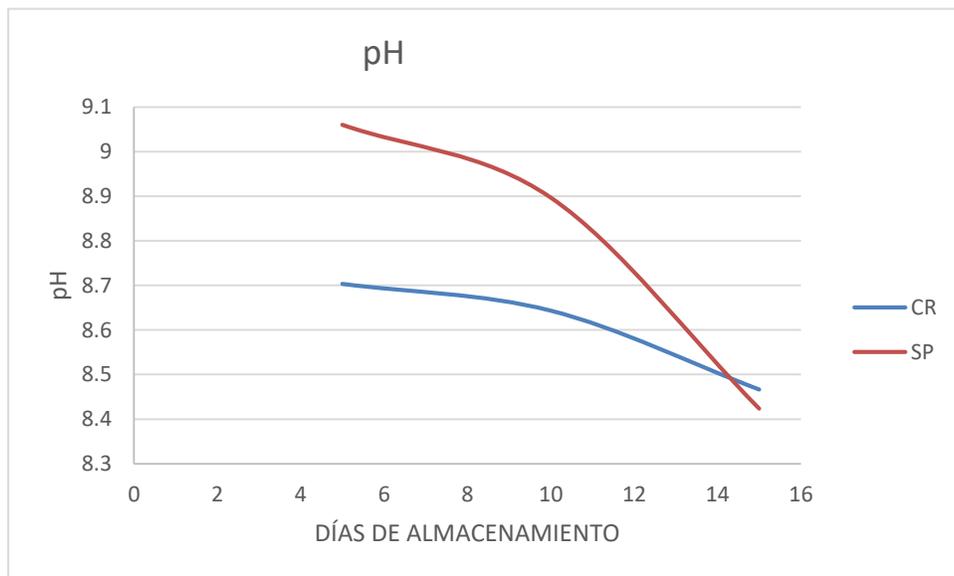
**Figura 19. Colorimetría parámetro b\*.**

### 4.3 Evaluación de parámetros químicos

#### pH

Durante los 15 días de almacenamiento el pH en los filetes de pescado disminuye, observando en la figura 20 que existe una diferencia significativa, dando como resultado para los filetes con recubrimiento una reducción de 8.7 a  $\pm 8.48$ , la reducción en el pH es probablemente causada por el aceite de tomillo incorporado en el recubrimiento.

Jay *et al.*, (2005) indican que el incremento de pH en filetes de pescado se debe a la proliferación de bacterias, observando que en el control el pH es más alto, pero con una reducción más acelerada que va de  $\pm 9.08$  a 8.42, atribuyendo a que hay una descomposición total del músculo.

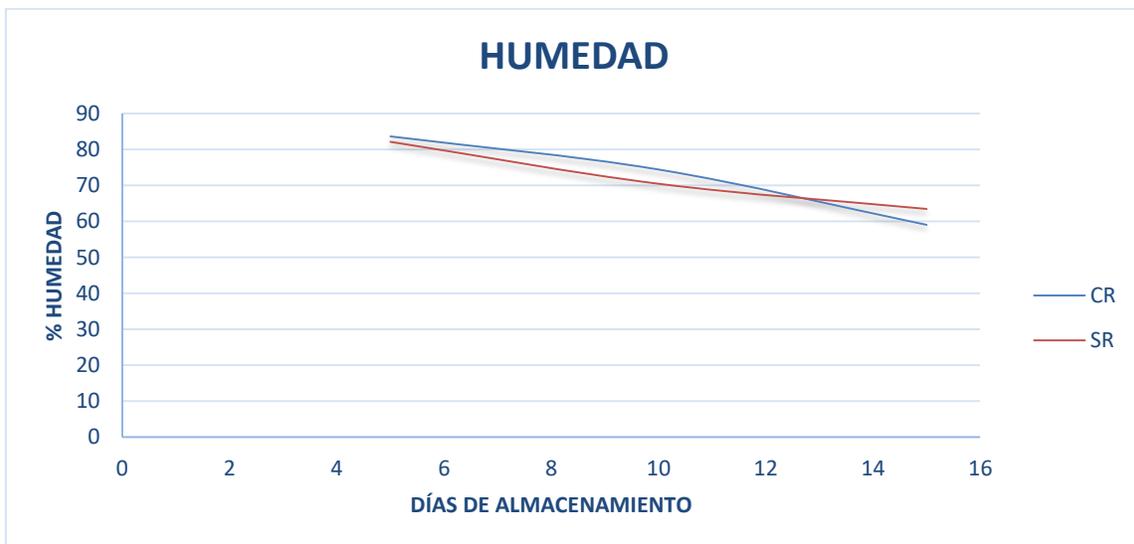


**Figura 20. pH en filetes de pescado durante 15 días de almacenamiento.**

## Humedad

La pérdida de agua tiene un efecto perjudicial en la textura del músculo; ha sido demostrado por Love (1975) que existe una relación inversamente proporcional entre la dureza del músculo y el pH, donde los niveles inaceptables de dureza (y pérdidas de agua por cocción) ocurren a menores niveles de pH.

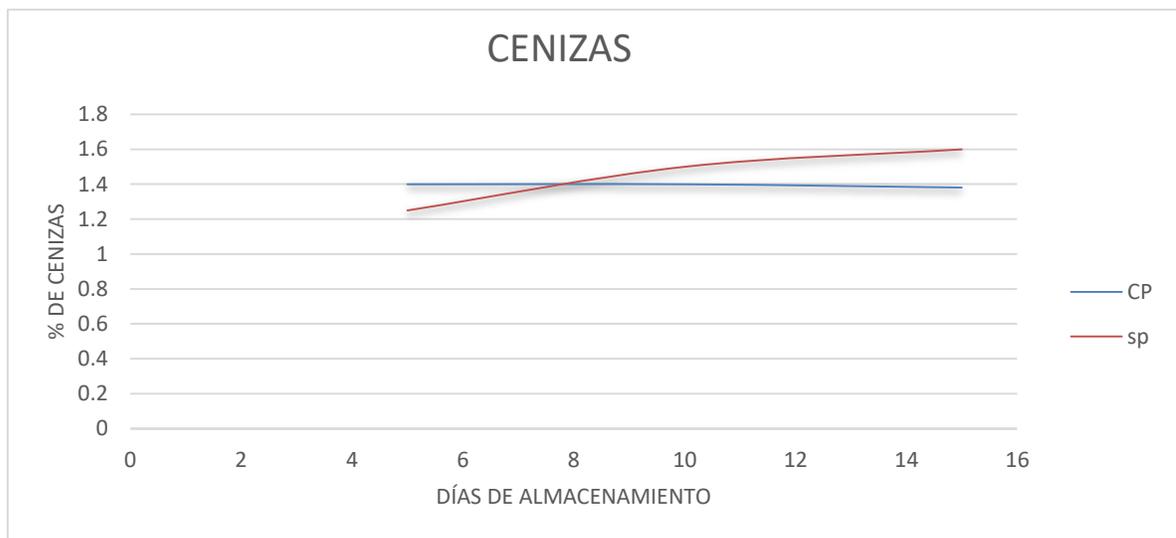
Como se observa en la Figura 21 el contenido de humedad en los testigos disminuyó notablemente durante los primeros 12 días, mientras que los tratamientos se mantienen con mayor cantidad de humedad, esto se atribuye a la funcionalidad del recubrimiento, cumpliendo con la propiedad de servir como barrera al vapor de agua. Posteriormente a los 12 días, los testigos mantienen su humedad, debido al proceso de refrigeración, existiendo un punto de rocío dentro del refrigerador.



**Figura 21. Contenido de humedad.**

## Cenizas

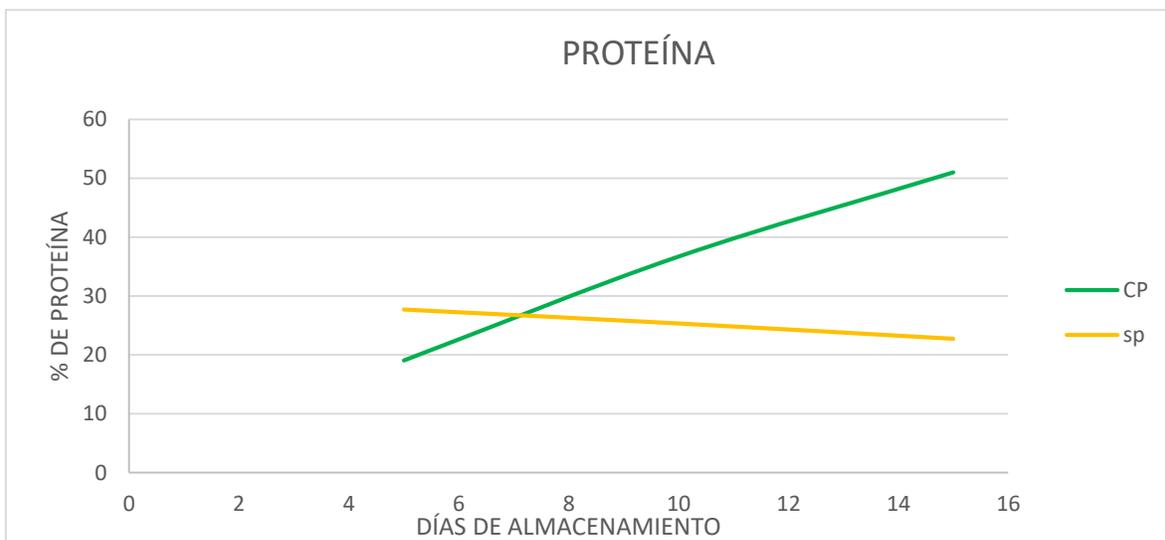
La mayoría de los minerales se convierten en óxidos, sulfatos, fosfatos cloruros y silicatos; sin embargo, elementos como el Fe, Se, Pb y Hg se pueden volatilizar con la evaporación del agua presente en la muestra. En base a lo anterior se puede observar en la Figura 22 que en el contenido de cenizas existe una diferencia significativa, atribuyendo esto a la cantidad de agua presente en la muestra, es decir en los testigos se perdió más agua por lo que la muestra es más seca y evita la volatilización de minerales, mientras que los tratamientos mantienen su humedad por lo que no hay variaciones en el contenido de cenizas durante los 15 días de almacenamiento. Resaltando que en el día 5 hay diferencia entre los testigos y los tratamientos, debido al contenido de cenizas que se generan con el recubrimiento.



**Figura 22. Contenido de cenizas.**

## Proteína.

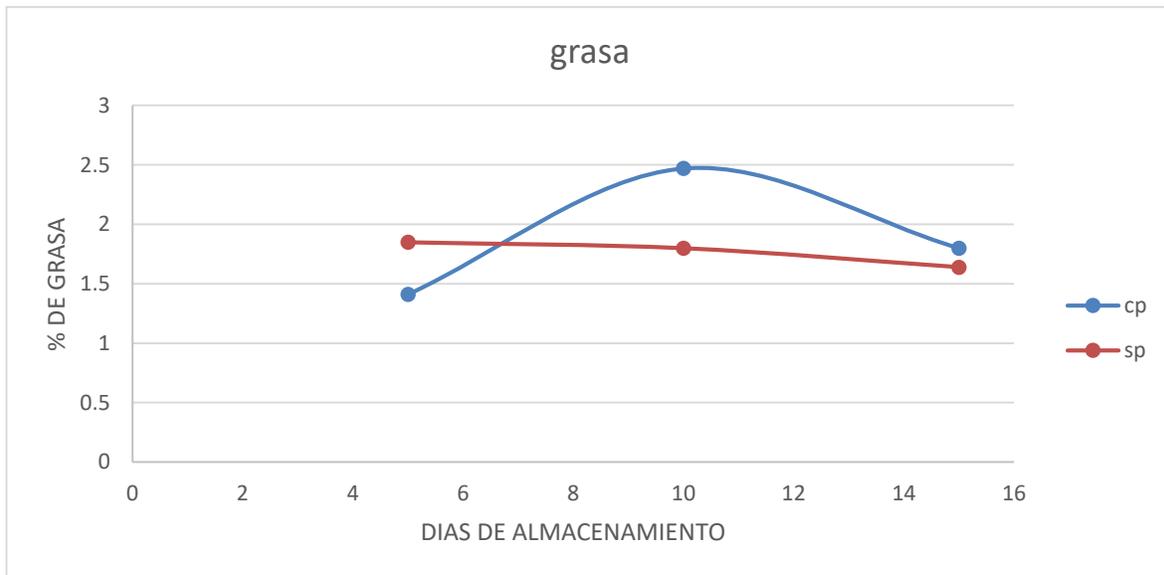
La carne es uno de los alimentos ricos en su contenido de proteínas, siendo de gran interés para su consumo por el ser humano. Como se observa en la Figura 23 el porcentaje de proteína en los tratamientos incrementa, debido a la disponibilidad de agua presente, es decir en el día 15 los tratamientos habían perdido humedad, por lo que hubo mayor concentración de proteína, mientras que los testigos incrementaron la cantidad de agua, debido a la humedad presente en el refrigerador, por lo que hay dilución de nutrientes.



**Figura 23. Contenido de proteína.**

## Grasa

El contenido de grasa en la carne está relacionado con la cantidad de agua, es decir a mayor cantidad de agua la grasa disminuye y a mayor cantidad de grasa el agua disminuye. En base a lo anterior en la figura 24 se observa que el contenido de grasa de los tratamientos incrementa durante los primeros días, atribuyendo esto a la adición de aceite al recubrimiento, mientras que los controles disminuyen por la humedad presente. El contenido de lípidos del músculo es extremadamente variable, aproximadamente entre el 1.5 y el 13 % (Lawrie, 1985; Lehninger, 1982). Analizando la figura 24 se puede observar que el contenido de grasa se mantiene dentro de los rangos establecidos.

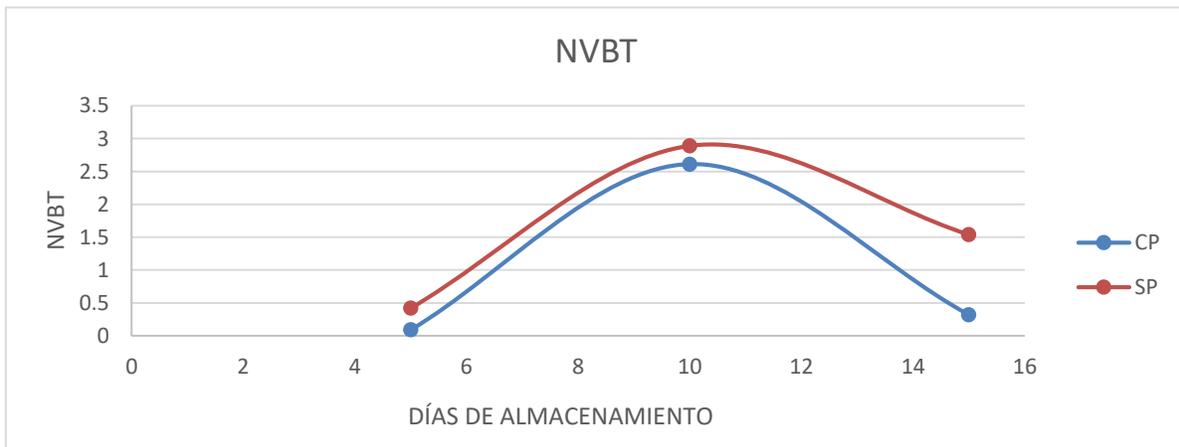


**Figura 24. Contenido de grasa.**

### Nitrógeno básico volátil total

La determinación de bases volátiles totales (BVT) es un término que incluye la medición de trimetilamina (producida por deterioro bacteriano), dimetilamina (producida por enzimas autolíticas durante el almacenamiento en congelación), amoniaco (producido por desaminación de aminoácidos y catabolitos de nucleótidos) y otros compuestos nitrogenados básicos volátiles asociados con el deterioro de los productos pesqueros.

Como se observa en la fig. 25 el contenido de NBVT está en menor contenido en los tratamientos, comparado con los testigos; es decir existe mejor conservación de los filetes con recubrimiento, por lo que la vida de anaquel es más larga en comparación con los filetes que no tienen recubrimiento.



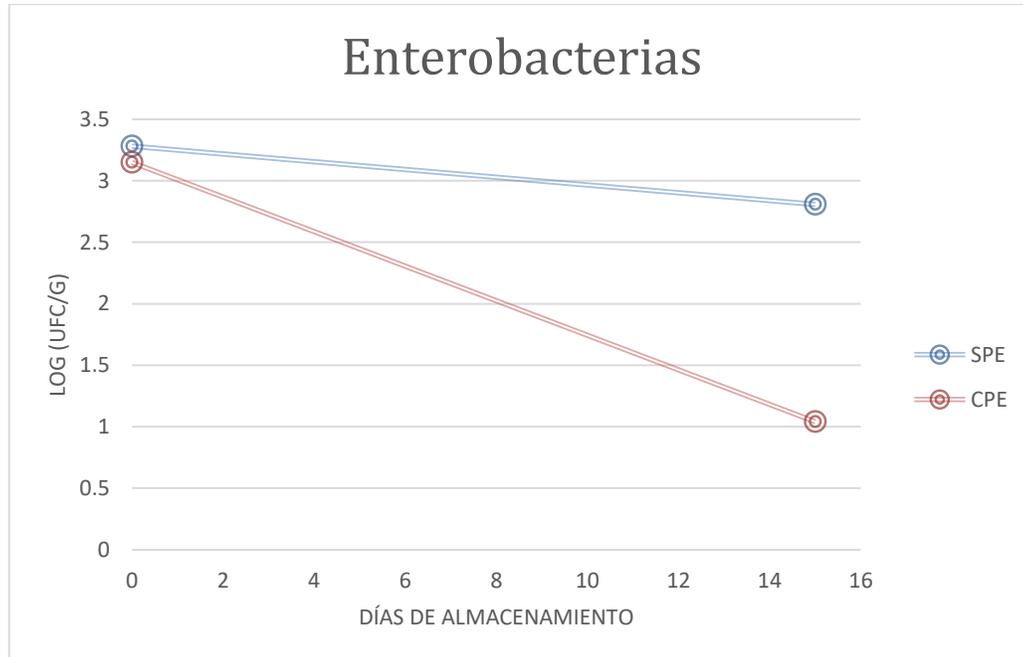
**Figura 25. Contenido de NVBT.**

#### 4.4 Evaluación de parámetros microbiológicos

El pescado tiende a descomponerse fácilmente debido a la carga microbiana que este posee, aun cuando se conserve a temperaturas por debajo de  $-10^{\circ}\text{C}$  las bacterias continúan proliferando lentamente.

##### Enterobacterias

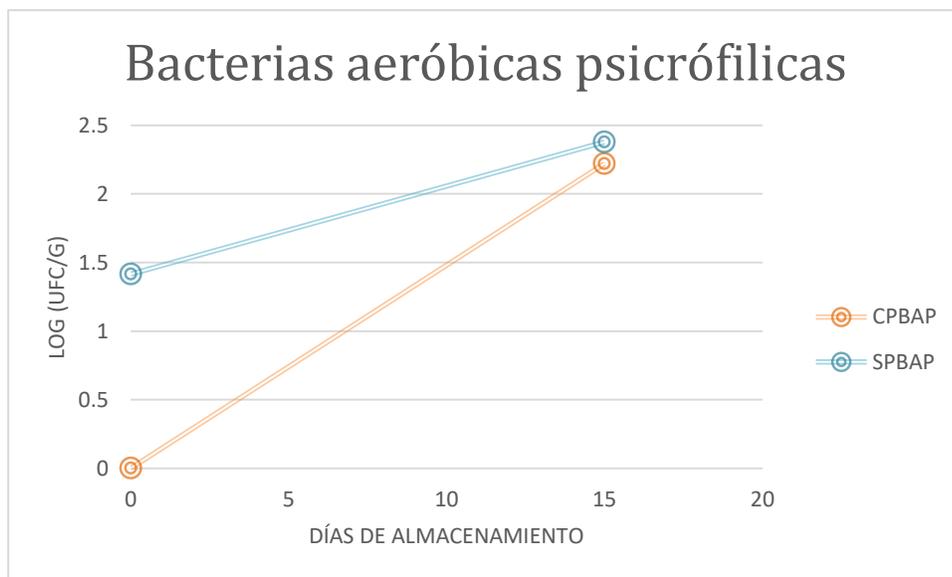
De acuerdo a los resultados obtenidos para enterobacterias se observa que hay una reducción de dos ciclos logarítmicos a los 15 días de almacenamiento para los filetes con recubrimiento, mientras que para los testigos las bacterias se encuentran en la fase de muerte, mostrándose un comportamiento decreciente más lento en comparación con los tratamientos como se muestra en la figura 26, debido al efecto antimicrobiano del aceite de tomillo.



**Figura 26. UFC de Enterobacterias en filetes de pescado.**

## Bacterias aeróbicas psicrófilas

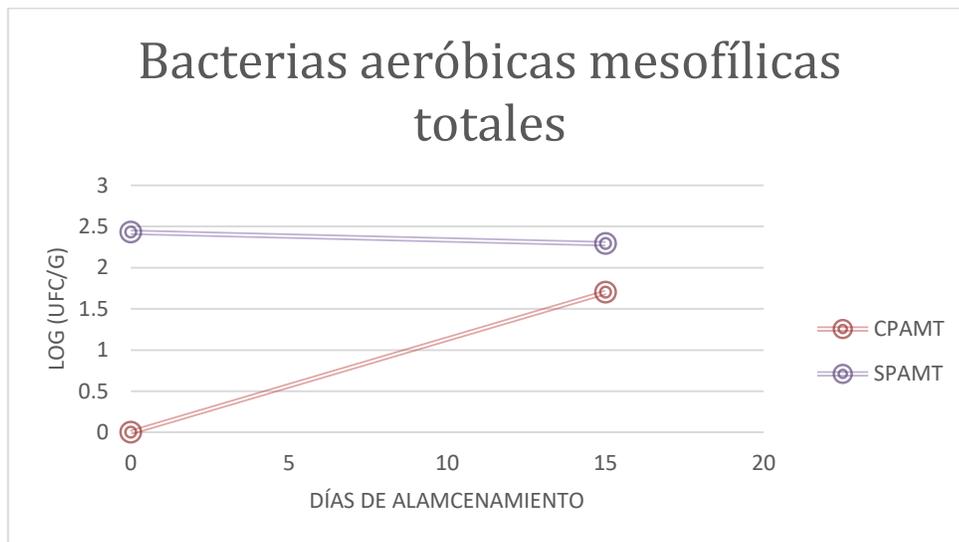
En el estudio realizado para bacterias aeróbicas psicrófilas se observa en la Figura 27 un crecimiento de éstas, tomando en cuenta que en los testigos la proliferación es mayor durante los primeros 12 días, mientras que en los filetes con recubrimiento está por debajo de los testigos. El desarrollo de las bacterias se atribuye a contaminación causada por los testigos.



**Figura 27. UFC de bacterias aeróbicas psicrófilas.**

## Bacterias aeróbicas mesofílicas

En base a los resultados obtenidos para bacterias aeróbicas mesofílicas totales se observa en la Figura 28 que la proliferación de bacterias es menor para los filetes con recubrimiento mientras que para los testigos es mayor, atribuyendo esto a la funcionalidad del recubrimiento y el aceite de tomillo, mientras que para los testigos las bacterias se encuentran en la fase estacionaria.



**Figura 28. UFC de bacterias aeróbicas mesofílicas totales**

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

Los recubrimientos comestibles a base de goma guar y aceite de tomillo ayudan a conservar las propiedades físicas de los filetes de pescado en comparación con los filetes sin recubrimiento ya que en estos existe una descomposición del músculo, generando cambios en la textura.

El recubrimiento a base de goma guar protege a los filetes de pescado mostrándose una conservación de su composición química pero con una modificación en el contenido de cenizas por los componentes volátiles del aceite de tomillo.

El aceite de tomillo utilizado en el recubrimiento disminuye el crecimiento de bacterias aeróbicas mesofílicas y psicrófilas, así como también de enterobacterias, siendo un conservador natural que permite prolongar la vida de anaquel de los filetes de pescado, ya que los filetes sin recubrimiento muestran mayor proliferación de bacterias haciendo una descomposición del mismo.

Finalmente los recubrimientos a base de goma guar y aceite de tomillo se pueden recomendar para ser utilizados para la conservación de filetes de pescado prolongando y conservando la vida de anaquel a temperaturas de refrigeración.

## CAPÍTULO VI

### BIBLIOGRAFÍA

- Ángel Espinoza, N., 2015. Efecto de un recubrimiento comestible funcional a base de goma guar sobre la calidad de postcosecha de guayaba. Tesis de licenciatura de la carrera de Ingeniería en Ciencia y Tecnología de alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coahuila, México.
- Ávila-Sosa, R., López-Malo, A., 2008. Aplicación de sustancias antimicrobianas a películas y recubrimientos comestibles. Temas selectos de ingeniería de alimentos 2-2 (2008): 4-13
- Bósquez Molina, E., 2003. Elaboración de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para reducir la cinética de deterioro en fresco del limón persa (*Citrus latifolia Tanaka*). Tesis doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana
- De Ancos, B., González--Peña, D., Colina--Coca, C., Sánchez--Moreno, C., 2015. Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de iv y v gama. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 16, núm. 1, 2015, pp. 8-17.
- Duan, J., Cherian, G., Zhao, y., 2010. Quality enhancement in fresh and frozen lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets by employment of fish oil incorporated chitosan coatings. Food Chemistry 119 (2010) 524-532.
- FAO, 1998. Editado por H. H. Huss. El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad. Documento técnico de pesca 348, departamento de pesca.
- Fernández-Valdés, D., Bautista-Baños, S., Fernández-Valdés, D., Ocampo-Ramírez, A., García-Pereira, A., Falcón-Rodríguez, A., 2015. Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación postcosecha de frutas y hortalizas, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 24, Pp 52-57
- Guerrero-Lagunes, L.A., Ruiz-Posadas, L., Rodríguez-Mendoza, M., Soto-Hernández, M., Castillo-Morales, A., Efecto del cultivo hidropónico de tomillo (*Thymus Vulgaris L.*) en la calidad y rendimiento del aceite esencial.
- Henrik-Huss, H., 1988. El pescado fresco: su calidad y cambios de calidad. Manual de capacitación preparado por el programa de capacitación FAO/DANIDA en tecnología pesquera y control de calidad.
- Hermann Schmidt-Hebbel, 1984 Carne y productos cárnicos su tecnología y análisis. Inscripción No 59.664. Texto compuesto con matrices Linorron Times 10i12 Se terminó de imprimir esta 1ª edición en los talleres de San Francisco 454 Santiago de Chile en el mes de julio de 1984 editorial universitaria.

- López-Caballero, M.E., Gómez-Guillén, M. C., Pérez-Mateos M, Montero P., 2005 A chitosan –gelatin blend as a coating for fish patties. *Food Hydrocolloids* 19 (2005) 303-311.
- López-Hernández, L. H., Braña-Varela, D. y Hernández-Hernández I. 2013 Estimación de la vida de anaquel de la carne. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Ajuchitlán, Colón, Querétaro, Libro Técnico No. 11.
- Martínez-M., A., 2003. Aceites esenciales. Facultad química farmacéutica. Medellín, Febrero 2003.
- Miramont, S., 2012. Recubrimientos elaborados a partir de biopolímeros para el soporte de sustancias con actividad antimicrobiana: carvacrol y sorbatos. Tesis de Maestría en Tecnología de los Alimentos de la Escuela de Posgrado de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Olivares-Cruz, M. A. y López-Malo, A. 2013 Potencial antimicrobiano de mezclas que incluyen aceites esenciales o sus componentes en fase vapor. *Temas selectos de ingeniería de alimentos* 7-1 (2013):78-86.
- Oregel-Zamudio, E., 2013. Aplicación de cubiertas comestibles formuladas con cera de candelilla para la conservación de fresa, tesis de maestría del Instituto politécnico nacional. Jiquilpan, Michoacán, México.
- Peredo-luna H.A., Palou-García, E y López-Malo, A. 2009. Aceites esenciales: métodos de extracción. *Temas selectos de ingeniería de alimentos* 3 -1 (2009): 24-32.
- Piñeiro-Corrales, G., Lago-Riverol, N., Olivera-Fernández R. y Culebras-Fernández, J. M., 2013. Análisis del perfil lipídico de dos especies de merluza “*Merluccius capensis* y *Merluccius paradoxus*” y su aportación a la prevención de enfermedades cardiovasculares Servicio de Farmacia.
- Quintero, C. Juan.I; Falguera, Victor.II; Muñoz, H. Aldemar.I 2010. Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga* Vol. 5, Pp 93-118.
- Ramos-García, M.L., Bautista-Baños, S., Barrera-Necha, L.L., Bosquez-Molina, E., Alía-Tejacal, I. y Estrada-Carrillo, M. 2010. Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología* 28: 4457.
- Rodríguez-Sauceda, E. N., 2011. Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. *Ra Ximhai*, enero-abril, año/Vol. 7, Número 1.

- Rosas-Gallo, A., y López-Malo, A., 2011. Actividad antimicrobiana de aceite esencial de tomillo. Departamento de ingeniería química, alimentos y ambiental, fundación Universidad de las Américas, Puebla. Temas selectos de ingeniería de alimentos, 5-1 (2011): 41-50.
- Schmidt-Hebbel, H., 1984. Carne y productos cárnicos, su tecnología y análisis, editado por fundación Chile.
- Suárez-Mahecha, H., De Francisco, A., Henrique-Beirão, L., Pardo-Carrasco, S., Cortés-Rodríguez, M., 2007. Pérdida de textura post mortem de la carne de pescado durante el almacenamiento en frío. Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- Tapia, E. V., 2016. Determinación de nitrógeno básico volátil total en productos de pesca, facultad de ciencias veterinarias UNCPBA. Universidad Autónoma Indígena de México, Mochichahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 153-170.
- Velázquez-Moreira, A., Guerrero-Beltrán J. A., 2014. Algunas investigaciones recientes de recubrimientos comestibles aplicados en alimentos, temas selectos de ingeniería 8, Pp 6-9.

## CAPÍTULO VII ANEXOS

### Anexo 1. Resultado del contenido de componentes nutrimentales de muestras de pescado de acuerdo a los tratamientos experimentales.

TRATAMIENTO	NVBT	pH	COLOR		
			HUE	CROMA	ÍNDICE DE COLOR
CP 5	0.09±0.08c	8.70±0.12bc	0.08±0.05bc	1.32±0.08b	3.44±2.13e
SP 5	0.42±0.37c	9.06±0.01 <sup>a</sup>	0.57±0.38c	0.93±0.03b	8.44±0.69f
CP 10	2.61±0.42 <sup>a</sup>	8.64±0.06cd	0.53±0.09 <sup>a</sup>	9.70±2.08 <sup>a</sup>	639.39±1.09 <sup>a</sup>
SP 10	2.89±0.56 <sup>a</sup>	8.89±0.02ab	2.28±0.22ab	2.77±0.58b	22.36±1.22d
CP 15	0.32±0.08c	8.45±0.03de	0.06±0.06ab	13.01±2.18 <sup>a</sup>	60.53±0.47c
SP 15	1.54±0b	8.42±0.10e	0.46±0.09 <sup>a</sup>	2.93±0.78b	81.85±1.65b

Los valores son las medianas ± DS de las determinaciones realizadas. Las letras iguales en la misma indican que no hubo diferencias significativas estadísticamente (P>0.05).

### Anexo 2. Resultados de los parámetros de calidad de las muestras de pescado de acuerdo a los tratamientos experimentales.

Tratamiento	PROTEINA	GRASA	HUMEDAD	CENIZAS
CP 5	19.06±0.48e	1.41±0.43 <sup>a</sup>	83.67±0.80 <sup>a</sup>	1.45±0.09 <sup>a</sup>
SP 5	27.7±0.91c	1.85±0.89 <sup>a</sup>	82.15±1.17 <sup>a</sup>	1.25±0.07 <sup>a</sup>
CP 10	36.68±2.61b	2.47±0.24 <sup>a</sup>	74.45±1.75ab	1.44±0.12 <sup>a</sup>
SP 10	25.32±1.99cd	1.8±0.24 <sup>a</sup>	70.49±2.25b	1.54±0.22 <sup>a</sup>
CP 15	50.96±2.46 <sup>a</sup>	1.78±0.25 <sup>a</sup>	59.04±2.27c	1.38±0.16 <sup>a</sup>
SP 15	22.71±0.30de	1.64±0.13 <sup>a</sup>	63.5±1.37bc	1.61±0.32 <sup>a</sup>

Los valores son las medianas ± DS de las determinaciones realizadas. Las letras iguales en la misma indican que no hubo diferencias significativas estadísticamente (P>0.05).