



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**DESARROLLO DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE  
ANTIMICROBIANO EN EL JITOMATE VARIEDAD SALADETTE  
PARA EL CONTROL DE *Salmonella*.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERIO EN ALIMENTOS**

**PRESENTA:**

**Marco Iván Vera Márquez**

**ASESOR: Dra. Clara Inés Álvarez Manrique**

**COASESOR: I.Q. Guadalupe Franco Rodríguez**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2014**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# DEDICATORIA

## **A Dios:**

Porque gracias a él he podido seguir adelante, con sus enseñanzas que día con día recibo de él, por prestarme un poco de fuerza, sabiduría y valor pero sobre todo a no rendirme en los momentos difíciles y no sosegarme ante nadie ni ante nada, gracias totales.

## **A mi madre:**

Por darme la vida, el esfuerzo tan inmenso que realizó para heredarme lo más preciado que he podido tener y que a pesar de remar siempre contracorriente he sabido por ella que vale la pena luchar por lo que quieres; por su enorme paciencia, por ese amor de madre hacia mí, por las noches en vela que pasamos juntos para salir adelante y por esos regaños que siempre me daba y que ahora le agradezco porque sé que fue para bien. ¡Gracias mama!

## **A mi abuelo:**

Por enseñarme a nunca rendirme, a dar todo de sí, porque él creyó en mí y en mis aspiraciones, gracias por ser un padre para mí y a guiarme siempre por el camino correcto, ahora aunque no esté aquí presente conmigo sé que me está viendo. ¡Gracias abuelo!

*“El talento tiene sus límites; el esfuerzo es ilimitado”.*

*“El temor no es malo, te dice que tan débil eres, y cuando conoces tu debilidad puedes ser tan fuerte como quieras”.*

*“Encuentra un punto de apoyo y moverás al mundo”- Arquímedes.*

**Marco Iván Vera Márquez**

# **AGRADECIMIENTOS**

## **A Domitila Márquez, Blanca Esthela Márquez y Leobardo Alfaro:**

Porque durante todo este tiempo me enseñaron a dar lo mejor de mí en todo momento, porque con su cariño, comprensión y apoyo fueron parte fundamental e importante durante mi formación y porque aún lo siguen siendo, y doy gracias por ello.

## **A Martha Concepción Jiménez Gómez:**

Te doy las gracias por esos momentos difíciles y felices que he pasado junto a ti, por darme el aliento para poder salir adelante, por tener esa paciencia, ese cariño y ese amor tan grande que para mí es lo más hermoso que tú me has regalado; “Caminar junto a ti es el honor más grande que he tenido y que quiero seguir compartiendo contigo”.

## **A Oscar Pilloni, Arturo Oaxaca y Gerardo Ventura:**

Por los consejos tan grandes que de ustedes recibí, porque con ustedes conocí el verdadero significado de tener un hermano, por el apoyo que ustedes me han brindado.

## **A la Dra. Clara Inés Álvarez:**

Por la paciencia tan grande que tuvo conmigo, por su apoyo y dedicación.

## **A mi alma mater la UNVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO:**

Por darme el honor de haber estudiado en sus salones, por haberme heredado un poco de sus conocimientos, por dejarme ser parte de la mejor escuela y haber estudiado la carrera de Ingeniería en Alimentos.

**“Y a todas aquellas personas que me pusieron el pie ya que gracias a ellas conocí la derrota y que gracias a eso pude levantarme con más fuerza para así alcanzar mis sueños”**

## CONTENIDO GENERAL

---

RESUMEN.....	8
1.INTRODUCCIÓN .....	9
1.1.JITOMATE.....	11
1.1.1.Características del jitomate .....	11
1.1.2.Composición química .....	13
1.1.3.Industrialización.....	14
1.1.4.Producción en México .....	16
1.1.4.1.Importaciones .....	19
1.1.4.2.Exportaciones.....	19
1.2. RECUBRIMIENTOS.....	20
1.2.1.Características de los recubrimientos comestibles.....	20
1.2.2.Tipos de recubrimientos comestibles .....	21
1.2.3.Usos de recubrimientos comestibles en la industria .....	29
1.2.4.Propiedades mecánicas de los recubrimientos comestibles .....	31
1.2.5.Propiedades fisicoquímicas de los recubrimientos comestibles.....	31
1.2.6.Propiedades antimicrobianas de los recubrimientos comestibles.....	32
1.3. INOCUIDAD ALIMENTARIA .....	33
1.3.1.Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA'S) .....	33
1.3.2.Microorganismos involucrados en las Enfermedades Transmitidas por Alimentos	34
1.3.3.Situación en el mundo y en México.....	35
1.3.4.Prevenición y control de ETA'S .....	36
OBJETIVOS	
Objetivo General .....	38
Actividades Preliminares.....	38
Objetivos Particulares.....	38
2. MATERIALES Y MÉTODOS	
2.1. ACTIVIDADES PRELIMINARES .....	39

2.1.1. Selección de la materia prima .....	39
2.1.2. Evaluación del agente antimicrobiano.....	39
2.1.3. Elaboración del recubrimiento comestible .....	40
2.2. CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE .....	44
2.2.1. Prueba <i>in vitro</i> .....	44
2.2.2. Prueba <i>in vivo</i> .....	45
2.3. VIDA DE ANAQUEL .....	46
2.3.1. Pérdida de peso .....	46
2.3.2. Apariencia externa .....	47
2.4. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE .....	47
2.4.1. Ángulo de contacto .....	47
2.4.2. Transferencia de oxígeno.....	49
2.5. CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE .....	51
2.5.1. Fuerza de fractura .....	51
<b>3. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	
3.1. SELECCIÓN DEL RECUBRIMIENTO .....	52
3.2. CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE .....	62
3.2.1. Prueba <i>in vitro</i> .....	62
3.2.2. Prueba <i>in vivo</i> .....	63
3.3. VIDA DE ANAQUEL .....	68
3.3.1. Pérdida de peso .....	68
3.3.2. Apariencia externa .....	69
3.4. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE .....	69
3.4.1. Ángulo de contacto .....	69
3.4.2. Transferencia de oxígeno.....	70
3.5. CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE .....	71
3.5.1. Fuerza de fractura .....	71
CONCLUSIONES .....	73
BIBLIOGRAFIA.....	75

## ÍNDICE DE IMÁGENES

---

<b>Imagen 1.</b> Proceso de industrialización del jitomate.....	<b>15</b>
<b>Imagen 2.</b> Zonas en donde el antimicrobiano puede atacar en una célula Gram positiva y Gram negativa .....	<b>29</b>
<b>Imagen 3.</b> Equipo para la medición de ángulo de contacto.....	<b>48</b>
<b>Imagen 4.</b> Medición de la transferencia de oxígeno .....	<b>51</b>
<b>Imagen 5.</b> Efecto inhibitorio de antimicrobiano a 2000 ppm frente a <i>Salmonella spp.</i> ....	<b>62</b>
<b>Imagen 6.</b> Efecto inhibitorio de antimicrobiano a 3000 ppm frente a <i>Salmonella spp.</i> ....	<b>62</b>
<b>Imagen 7.</b> Efecto inhibitorio de antimicrobiano a 4000 ppm frente a <i>Salmonella spp.</i> ....	<b>63</b>
<b>Imagen 8.</b> Efecto inhibitorio de antimicrobiano a 5000 ppm frente a <i>Salmonella spp.</i> ....	<b>63</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

---

<b>Tabla 1.</b> Análisis Químico Proximal del jitomate.....	<b>14</b>
<b>Tabla 2.</b> Producción de jitomate en México.....	<b>18</b>
<b>Tabla 3.</b> Formulación y características de las películas proteicas.....	<b>23</b>
<b>Tabla 4.</b> Formulación y características de las películas a base de polisacáridos.....	<b>26</b>
<b>Tabla 5.</b> Usos de los recubrimientos en alimentos .....	<b>30</b>
<b>Tabla 6.</b> Formulaciones de los recubrimientos comestibles.....	<b>41</b>
<b>Tabla 7.</b> Formulación 1; alginato de sodio (2%).....	<b>52</b>
<b>Tabla 8.</b> Formulación 2; alginato de sodio (2%) + Glicerol (4%).....	<b>53</b>
<b>Tabla 9.</b> Alginato de sodio (2%) + Glicerol (4%) a temperatura de 7°C .....	<b>54</b>
<b>Tabla 10.</b> Formulación 3; Goma guar (0.5%).....	<b>55</b>
<b>Tabla 11.</b> Formulación 4; Alginato de sodio (2%) + Gelatina (0.5%) + Glicerol (2%)....	<b>56</b>

<b>Tabla 12.</b> Formulaci3n 5; Alginato de sodio (2%) + Gelatina (0.5%) + Glicerol (4%)....	<b>57</b>
<b>Tabla 13.</b> Formulaci3n 6; Alginato de sodio (2%) +Goma guar (0.5%) + Glicerol (2%)..	<b>58</b>
<b>Tabla 14.</b> Formulaci3n 7: Alginato de sodio (2%) +Goma guar (0.5%) + Glicerol (4%)..	<b>59</b>
<b>Tabla 15.</b> Formulaci3n 8: Alginato de sodio (2%) + Pectina (2%) + Glicerol (2%).....	<b>60</b>
<b>Tabla 16.</b> Formulaci3n 9: Alginato de sodio (2%) + Pectina (2%) + Glicerol (4%).....	<b>61</b>
<b>Tabla 17.</b> Promedio del crecimiento y/o inhibici3n de los jitomates en la prueba <i>in vivo</i> .	<b>63</b>
<b>Tabla 18.</b> P3rdida de peso en 3 muestras de jitomate con el recubrimiento antimicrobiano y 3 jitomates control (sin recubrimiento antimicrobiano) a las mismas condiciones.....	<b>68</b>
<b>Tabla 19.</b> Permeabilidad al ox3geno que present3 el recubrimiento.....	<b>70</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

---

<b>Gráfica 1.</b> Producci3n de jitomate del a3o 2007 al 2009.....	<b>17</b>
<b>Gráfica 2.</b> Participaci3n de la producci3n mundial.....	<b>19</b>

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

---

<b>Diagrama 1.</b> Elaboraci3n y aplicaci3n de las formulaciones de recubrimiento comestible.....	<b>41</b>
---	-----------



## RESUMEN

---

En el presente trabajo se realizó la caracterización de un recubrimiento comestible con un agente antimicrobiano (BIOXITRAL) aplicado en jitomate saladette para inhibir el crecimiento de *Salmonella spp*; se estudiaron las propiedades mecánicas (resistencia a la ruptura y deformación), las propiedades fisicoquímicas (permeabilidad al agua, transferencia de oxígeno) y la efectividad del BIOXITRAL como agente antimicrobiano ante una cepa microbiana (*Salmonella spp*). El recubrimiento comestible fue elaborado a partir de una base de alginato de sodio y glicerol. En la primera etapa del trabajo se seleccionaron formulaciones de diferentes polisacáridos (alginato de sodio, gelatina, goma guar y pectina) a partir de la elaboración y aplicación de las formulaciones en el jitomate, donde se fueron descartando en base al daño que causaban a la superficie, almacenados a una temperatura de 10 °C; al final de un periodo de 8 días se seleccionó la formulación que no causaba ninguna alteración (daño) a la superficie del jitomate. En la segunda etapa se evaluaron las propiedades mecánicas, fisicoquímicas y antimicrobianas del recubrimiento comestible; la fuerza de ruptura que se obtuvo fue de 2.41 Kgf / mm, así mismo el valor de la transferencia de oxígeno fue de  $6.84 \times 10^{-5} \text{ g / m} \cdot \text{min} \cdot \text{atm}$ . Se evaluó la efectividad del agente antimicrobiano realizando pruebas *in vivo* colocando una cepa de *Salmonella spp*. en la superficie del jitomate, sembrándola e incubándola por un periodo de 24 h donde posteriormente se observó que no hubo crecimiento de la cepa de *Salmonella spp*. En la tercera etapa del trabajo se evaluó la pérdida de peso que presentan los frutos con el recubrimiento antimicrobiano durante su almacenamiento a una temperatura de refrigeración por un periodo de mayor de 21 días; los frutos recubiertos presentaron menor pérdida de peso además de que no presentaron daños en la superficie del jitomate; los frutos se encontraron íntegros durante el periodo de observación (21 días). Se concluyó que, al final, el recubrimiento de alginato de sodio y glicerol junto con la adición de un agente antimicrobiano logra inactivar una cepa de *Salmonella spp*. además de que preserva al fruto durante un largo periodo de almacenamiento conservando su aspecto comercial.

## INTRODUCCIÓN

---

El jitomate es un fruto climatérico, se cosecha en áreas que principalmente son de un clima sub-tropical, en lo posible ausente de heladas. En climas más crudos se requiere de invernaderos. El jitomate es una importante materia prima para la industria de la transformación ya que las 13 variedades que existen en México según la SAGARPA, se usan por lo regular para el consumo fresco o como ingrediente en jugos procesados (embotellados), pastas y otros concentrados, es fuente importante de vitaminas A y C y tiene un alto valor comercial (Van Haeff, 1983). Es una hortaliza que se cosecha a lo largo de todo el año, se concentra su producción, principalmente en los meses de enero, febrero y marzo (SAGARPA, 2010).

Debido a la alta producción de jitomate durante los años de 2000 al 2010 con un promedio de 2, 844,306 toneladas (FAO, 2010), México ocupa el segundo lugar de exportaciones mundiales. Sin embargo el mercado mexicano debe cuidar la calidad del jitomate listo para exportar ya que no está exento de plagas y agentes patógenos. Para controlar la inocuidad en los alimentos se tienen alternativas a través de los procesos tecnológicos entre los cuales destacan, la tecnología en frío y la aplicación de sustancias químicas por mencionar algunas.

El uso de recubrimientos comestibles, para la industria alimentaria es de gran importancia por el amplio rango de aplicación; los recubrimientos comestibles se pueden definir como una o varias capas finas de polímero que pueden ser consumidas por los seres vivos y funcionan como barrera a la transferencia de agua, gases y solutos (Hosseini, 2011). Entre los beneficios del uso de recubrimientos se encuentran: su bajo costo, la mejora de las propiedades organolépticas, mecánicas y de conservación (Dávila et. al, 2011). Actualmente existe una alta demanda por el consumo de hortalizas crudas entre las que se encuentra el jitomate, por tanto, requieren cumplir con los requisitos especificados para su inocuidad.

La inocuidad se ve desfavorecida por las malas prácticas de manipulación, de agricultura y por las diferentes fuentes de contaminación, prevalecientes en los sistemas de producción,

agravando aún más el problema por la presencia de bacterias patógenas incluyendo a la *Salmonella* en el jitomate; estas condiciones son puntos críticos en la aceptación de la materia prima y rechazos que dañan severamente la economía de los productores.

Los productores de hortalizas se han preocupado por este serio problema, y a pesar de implementar sistemas aislados como invernaderos, no se encuentran exentos de contaminación por agentes patógenos. La finalidad del proyecto es establecer una opción de inocuidad para minimizar pérdidas por patógenos hacia la materia prima y lograr la aceptación por parte del consumidor.

El desarrollo del proyecto está basado en la inocuidad de los alimentos, uno de los principales objetivos y estándares de las actuales industrias de alimentos ha sido que sus productos manufacturados sean inocuos para el hombre, esta característica le da un renombre al producto así como también la aceptación del consumidor.

## 1.1 JITOMATE

---

Las hortalizas son especies vivas que siguen respirando después de la cosecha, es decir, absorben oxígeno y expelen bióxido de carbono. La respiración va acompañada de la transpiración del agua contenida en las células, a consecuencia de esta respiración las hortalizas maduran, esta maduración es muy importante para obtener un producto con características óptimas. La cosecha de éstas debe efectuarse en el momento adecuado. Una recolección en una época inadecuada favorece el desarrollo de anomalías que son perjudiciales para la elaboración y conservación de un producto; en contraste impide la maduración del producto durante su almacenamiento; algunas hortalizas inmaduras son propensas a alteraciones fisiológicas, a una elevada transpiración y son más sensibles a la podredumbre y a los efectos adversos de la manipulación (Meyer y Paltrinieri 1983).

El jitomate es originario de la América del sur, de la región andina, particularmente de Perú, Ecuador, Bolivia y Chile. Sin embargo, su domesticación fue llevada a cabo en México. En las regiones del sur de América se originó el jitomate cereza, el que se difundió por toda la región en épocas precolombina, iniciándose el cultivo en México donde surgió el jitomate bola, con diámetros más grandes que su antecesor con una mayor diversidad, formas, colores y diferentes tipos de crecimiento. Es muy probable que las primeras plantas cultivadas por los grupos indios de Puebla y Veracruz, produjeran frutos pequeños de coloraciones poco atractivas, estos mismos grupos, seleccionaron frutos cada vez más grandes hasta que obtuvieron el jitomate bola designándole el término “Xitómatl” o “Xitómatle” (Murillo, 1989).

En la actualidad el jitomate se cultiva con fines alimenticios en todo el mundo, ocupando a nivel mundial el tercer lugar entre todas las hortalizas que se consume ya que solo es superado por la papa y el camote.

### 1.1.1 Características del jitomate.

El jitomate es una baya ovalada, redonda o periforme de la familia de las solanáceas de la especie de *Lycopersicon esculentum* Mill, las partes que conforman al jitomate son: pared externa e interna, tejido locular, pulpa gelatinosa, piel y semillas, y dependiendo de la

variedad su color va desde un amarillo hasta un rojo brillante, además de que su peso promedio por variedad es de 100 g., aunque existen especies como el jitomate cherry que su peso va de 10 a 15 g. (Murillo, 1989).

Su tamaño va desde pequeños frutos de apenas 3 cm, hasta enormes frutos de 16 cm siendo los más frecuentes los que miden de 5 a 9 cm (Murillo, 1989), el fruto proviene de una planta perenne de porte erecto o semirrecto, arbustivo, cultivado anualmente.

Existen tres maneras de clasificar el jitomate, según su forma, madurez y color. De acuerdo con su forma, existen 5 tipos, del más pequeño al más grande: cherry, saladette, tipo pera, bola estándar y bola grande (SAGARPA, 2010).

Así mismo de acuerdo al grado de madurez, el número de días entre que es plantado y su cosecha. De madurez temprana se cosechan a los 55-65 días. De mediana maduración se consideran de 66 a 80 días, los de mayor maduración requieren más de 80 días (SAGARPA, 2010).

De la misma manera, puede clasificarse en función de su color. Existen verde lima, rosa, amarillo, dorado, naranja y rojo; La coloración de los frutos se debe a los pigmentos carotenoides contenidos en la carne del fruto, de los cuales, los más abundantes son el licopeno o licopersicosina que es responsable de la coloración roja, y, el  $\beta$ -caroteno o carotina, que da el color anaranjado; el primero es 13 veces más abundante que el segundo. En los frutos amarillos hay además xantofilas. Los frutos de color uniforme, son más pálidos antes de madurar e incluso ya maduros, por lo que son más sensibles a la insolación.

Las variedades de jitomate son muy numerosas, cada una tiene diferente comportamiento en cuanto al ciclo vegetativo por lo que se puede clasificar también tomando en consideración este carácter.

Las características que debe de reunir las variedades para consumo fresco, son entre otras:

- Producir frutos redondos de buen tamaño, con longitud de 5 a 7 cm y diámetro de 4 a 7 cm.

- Producir frutos con un número de lóculos elevado, generalmente mayor de 4; los lóculos o celdas deben estar perfectamente llenos de sustancia gelatinosa o placenta. Es decir no deben presentar huecos, para que tengan un aspecto sumamente succulento.
- Los frutos deben presentar suficiente pulpa de consistencia firme.
- Deben de ser lisos y resistentes.
- El color debe de ser rojo brillante y no presentar rajaduras, ni radiales ni circulares.

Las características que deben reunir las variedades para el consumo industrial son entre otras, las que a continuación se enumeran:

- Ser de crecimiento determinado o cuando mas intermedio, para que la maduración sea más concentrada.
- Los frutos deben ser perfectamente de forma piriforme, cuadrados, elongados u ovalados.
- La concentración de sólidos totales (°Bx) debe ser entre 4 y 12 °Bx.
- El pH, debe ser entre 4.2 y 4.9.
- El porcentaje de ácido cítrico debe de ser menor a 0.5%.
- La coloración de los frutos debe ser rojo intenso, entre mas rojo de mejor calidad; y la clasificación va del 1 al 3; el 1 es el más rojo y en consecuencia el de mejor calidad (Murillo, 1989).

### **1.1.2. Composición química**

El jitomate se compone básicamente de agua, y una fuente rica en vitaminas y minerales a continuación se muestra la tabla de la composición química del jitomate:

Tabla1. Análisis Químico Proximal del jitomate; Fuente: INCAP, 2012.

Agua	93.80 %
Proteínas	0.08 g
Grasa	0.30 g
Carbohidratos	4.60 g
Fibra	1.20 g
Cenizas	0.50 g
Calcio	7.0 mg
Fosforo	24.0 mg
Hierro	0.6 mg
Tiamina	0.06 mg
Niacina	0.7 mg
Rivoflavina	0.05 mg
Ácido Ascórbico	2.0 mg

La composición química del jitomate como se muestra en la Tabla 1 está constituido en un 93% de agua convirtiéndolo así en un producto potencialmente perecedero, esto contribuye al desarrollo de microorganismo en el jitomate, teniendo los carbohidratos como el segundo componente de mayor cantidad en el jitomate con un 3.3%, seguido de proteína, fibra y minerales, convirtiendo el jitomate en una rica fuente de estos compuestos.

### **1.1.3. Industrialización**

Los productos industrializados del jitomate tienen una larga vida útil. El jitomate procesado incluye una gran variedad de productos, entre los que destacan: jitomates en conserva, jugo y concentrados, con dos variantes, puré y pasta.

Para transformar el jitomate a un producto terminado inicia con un lavado, recepción y verificación de la materia prima, se eliminan piezas no aptas para el proceso en específico, procesos que se muestran en la Imagen 1.

**El Proceso de industrialización del Tomate consiste en lavado, clasificado y procesado, obteniéndose básicamente 4 tipos de productos**

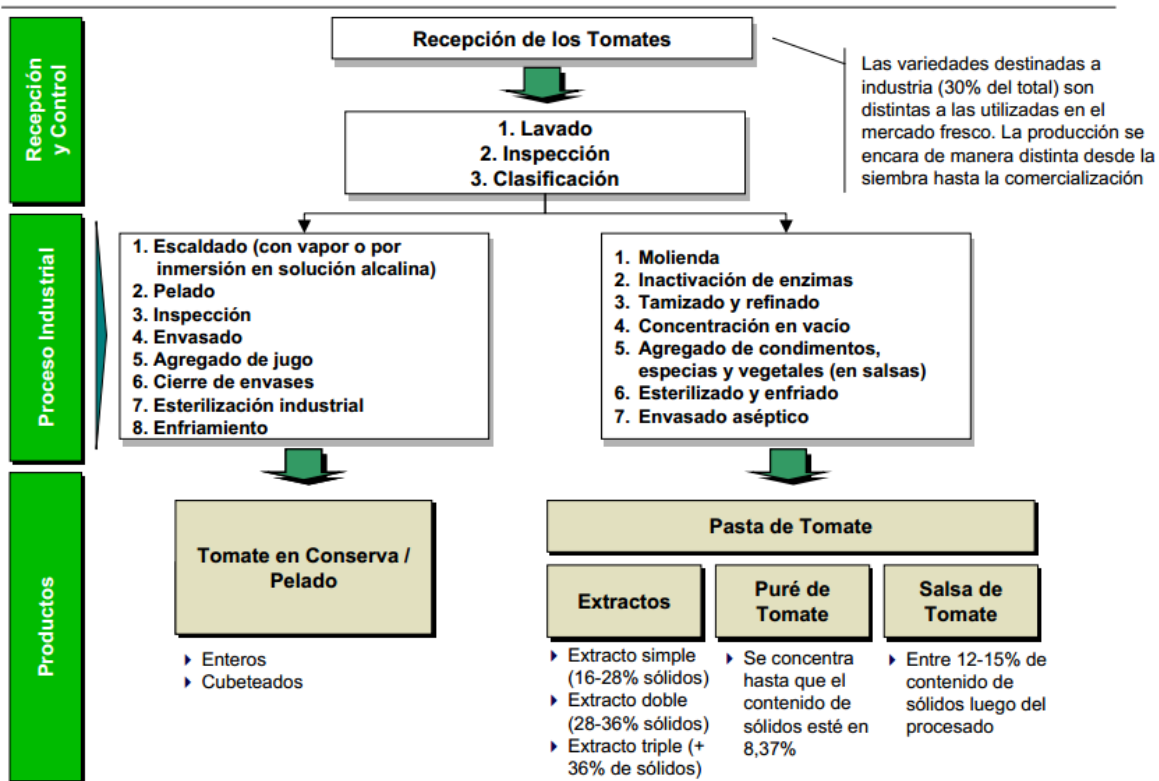


Imagen 1. Proceso de industrialización del jitomate.

Posteriormente el jitomate se clasifica dependiendo al producto final al que sea destinado sea jitomates en conserva, pastas de jitomate, extractos, purés de jitomate y salsas de jitomate, para aplicarle así un proceso industrial, sea la aplicación de calor mediante vapor, o hasta un proceso mecánico como la molienda, todos ellos mencionados en la Imagen 1.

Al finalizar el proceso de industrialización del jitomate se envasará dependiendo de la presentación, y se determinará el costo del producto en base a su cadena de valor (costos de producción, transporte, infraestructura, servicios).



#### **1.1.4. Producción en México**

Los principales estados productores de tomate rojo en México son: Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí y Morelos, los cuales producen el 75 % del volumen total de producción en la República Mexicana. Estas entidades federativas junto con Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Veracruz, Tamaulipas y Sonora son las tradicionalmente tomateras.

Durante el 2012, se produjeron en todo México 2, 838, 369.87 millones de toneladas de jitomate, siendo el principal productor de jitomate el estado de Sinaloa, cuya producción representó el 36.61% del total nacional, monto 3.8 veces mayor al producido por el segundo lugar, Baja California, con 8.10%. Siguen en la lista los estados de Michoacán, Jalisco y San Luis Potosí con 6.02%, 5.51% y 4.09% respectivamente. Regionalmente, a todo lo largo del territorio nacional se distribuye la producción de jitomate, sin embargo la zona productora de mayor importancia es la noroeste (SIAP, 2012).

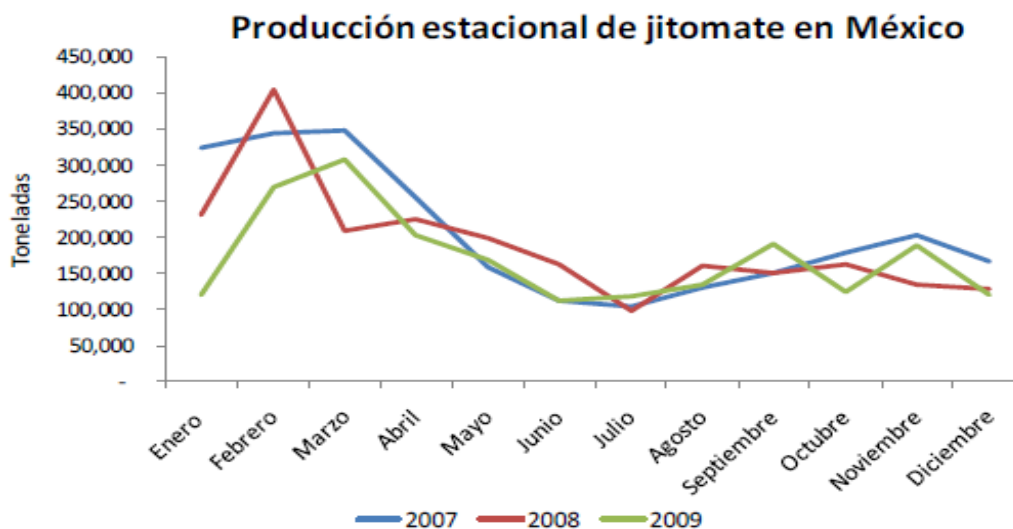
Según el SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), durante el año agrícola de 2010 se cultivaron más de 54 mil hectáreas de jitomate, donde se obtuvieron 2 millones 58 mil 424 toneladas, de las cuales el 56% de la producción nacional se produjeron en los estados de Sinaloa, Baja California y Jalisco (SIAP, 2010).

Por otra parte, en el 2010 la productividad promedio del cultivo de jitomate fue de 42.1 toneladas por hectárea cosechada. El estado de Jalisco reportó mejor rentabilidad con un rendimiento de 72.5 toneladas por hectárea cosechada, en tanto que el estado de Michoacán fue el que registro un menor índice de rentabilidad con 24.5 tonelada por hectárea cosechada.

Mientras que en el año 2012 la productividad promedio del jitomate fue de 51.38 toneladas por hectárea cosechada. Esto refleja el aumento de la producción del cultivo de jitomate, convirtiéndose en una hortaliza de mayor importancia en México.

En la República Mexicana, se produce jitomate durante todo el año. En el análisis temporal como se muestra en la gráfica 1, durante los primeros meses del año, es cuando se genera el tope de producción nacional, en el estado de Sinaloa, que abastece al mercado nacional y la

mitad del norteamericano. Por otro lado la gráfica 1 muestra que, durante el verano, la producción de los estados del centro y de Baja California, es la que abastecen la demanda interna y de exportación. Finalmente, en los meses de agosto a diciembre, son otras entidades las que cubren la producción (SAGARPA, 2010).



Fuente: SAGARPA, DGAFR con datos de SIAP.

Gráfica 1. Producción de jitomate del año 2007 al 2009; Fuentes: SAGARPA, DGAFR con datos del SIAP.

En lo que respecta a las variedades de jitomate que se producen en el territorio mexicano, se muestran en la tabla 2, la de mayor distribución es el jitomate saladette, representa el 56% del total, en segundo lugar se encuentra el jitomate bola, cuyo volumen de producción alcanza el 14% del total, con respecto al año 2008; En los años anteriores la mayor producción que sea alcanzado es con respecto al jitomate saladette frente a los otros tipos de jitomate, además de que los jitomates de tipo importación y de invernadero son importantes, debido a los rendimientos y precios que ofrecen.

Tabla 2. Producción de jitomate en México; Fuente SIAP 2009.

TIPO	2004	2005	2006	2007	2008
TOMATE CHERRY	54,592	59,107	44,480	36,017	34,847
TOMATE CHERRY (ORGANICO)	684	2,797	2,909	4,061	5,119
TOMATE ROJO ( JITOMATE ORGANICO)	3,800	350	18,118	6,008	22,801
TOMATE ROJO (EXPORTACION)	282,801	258,511	248,379	265,146	297,828
TOMATE ROJO (INDUSTRIAL)	26,100	200	35,466	15,272	27,572
TOMATE ROJO (JITOMATE) BOLA	805,616	561,215	396,275	374,363	316,679
TOMATE ROJO (JITOMATE) INV. EXP.	10,640	25,730	36,039	42,306	54,196
TOMATE ROJO (JITOMATE) INVERNADE.	34,484	40,469	99,494	226,928	207,457
TOMATE ROJO (JITOMATE) RIO GRANDE	286,861	275,423	214,018	136,272	18,299
TOMATE ROJO (JITOMATE) ROMA	1,923	545	3,517	3,979	2,829
TOMATE ROJO (SALADETTE)	783,506	1,008,870	994,738	1,315,052	1,273,965
TOMATE ROJO INV. (MALLA SOMBRA)					1,610
TOMATE ROJO(JITOMATE)S/CLASIFICAR	23,624	13,030			
<b>TOTAL</b>	<b>2,314,630</b>	<b>2,246,246</b>	<b>2,093,432</b>	<b>2,425,403</b>	<b>2,263,202</b>

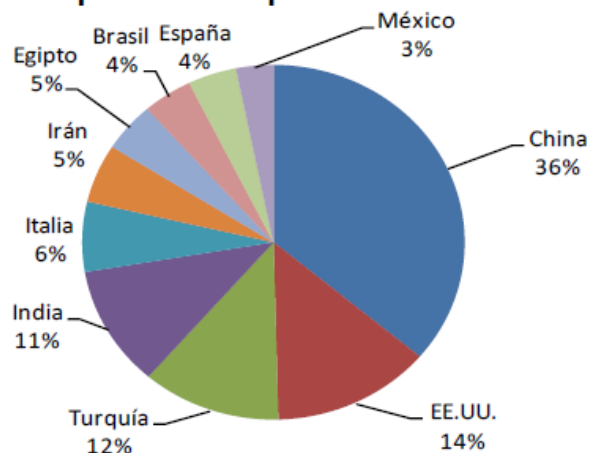
En la distribución por estados, se encuentra Baja California como el principal productor de jitomate de bola, resalta el estado de Veracruz, como segundo productor de este tipo, ya que se encuentra ubicado en zona geográfica distinta a los líderes productores.

El jitomate saladette es producido principalmente en Sinaloa, cerca del 50% del total nacional. Michoacán y San Luis Potosí participan con el 15% y 10%, respectivamente (SIAP, 2010).

La producción mexicana se divide entre los ciclos de primavera-verano (P-V) y otoño-invierno (O-I). Durante el ciclo O-I, cerca de tres cuartas partes de la producción se concentran en Sinaloa, que destina un gran porcentaje de su producción a EE.UU., principalmente entre enero y abril. En tanto que en P-V, la producción se destina al mercado nacional, con excepción de la de Baja California. En los Estados Unidos, la variedad de mayor consumo y aceptación es el jitomate bola, seguido del saladette y el cherry.

Como se observa en la Gráfica 2, a nivel mundial la producción de jitomate en el 2008 se distribuyó de la siguiente manera: China fue el principal productor de jitomate en el mundo, con una participación de 36%. Le sigue Estados Unidos con un 14%; Turquía, 12%; India, 11%; mientras que México ocupó el doceavo lugar, con 3% de participación en la producción.

### Participación de la producción mundial



Gráfica 2. Fuente: Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

#### 1.1.4.1. Importaciones

En el mercado estadounidense, el 80% de las importaciones de jitomate son de origen mexicano; en segundo lugar, se ubica Canadá, con 18%; seguido a gran distancia por Holanda, Guatemala y República Dominicana, los que en su conjunto no superan el 2% de participación. La principal zona productora en EE.UU. es Florida, cuya participación en el mercado local busca aumentar constantemente (FAO, 2010).

#### 1.1.4.2. Exportaciones

México ocupa el segundo lugar en exportaciones mundiales de tomate. El principal destino es hoy en día, el mercado de los EE.UU., en el que participa con aproximadamente el 35%. El abasto en dicho mercado es complementado por sus regiones productoras, entre las que destacan Florida y California.

## 1.2 RECUBRIMIENTOS

---

Los recubrimientos comestibles se pueden definir como una o varias capas finas que pueden ser consumidas por los seres vivos y funcionan a la vez como barrera a la transferencia de agua, gases y solutos de alimentos (Guilbert, 1986), algunos autores definen a los recubrimientos comestibles como capas delgadas y continuas de material comestible formada sobre (como cubierta) o colocada entre los componentes de los alimentos, y proveen un medio para acarrear aditivos y mejorar el manejo de los mismos, y que cuando son expuestos a condiciones determinadas de humedad, flora microbiana y oxígeno se degradan a sustancias más sencillas como agua y bióxido de carbono CO<sub>2</sub>.

El uso de recubrimientos no es algo nuevo, ya que en China en el siglo XII se aplicaba cubiertas de cera en frutas cítricas. En el siglo XVI sucedía que el recubrimiento de las frutas se llevaba a cabo con parafinas previniendo la pérdida de humedad del alimento. Desde hace más de 50 años se ha estudiado y reportado en la literatura el uso de los recubrimientos comestibles, para extender tiempos de vida de anaquel incrementar la calidad debido a la frescura, para productos congelados y procesados.

Las ventajas del uso de recubrimientos son abundantes, entre las principales se encuentra: su costo es generalmente bajo, reduce los desechos y la contaminación ambiental, puede mejorar las propiedades organolépticas, mecánicas y nutricionales de los alimentos.

### 1.2.1. Características de los recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles pueden estar compuestos de diversas proteínas, polisacáridos, lípidos o la mezcla de estos, se producen exclusivamente con ingredientes renovables, comestibles y por lo tanto se prevé que tienen una velocidad de degradación mayor en comparación con algún material que sea capaz de formar un recubrimiento.

La importancia de los recubrimientos recae en la capacidad de actuar como un conjunto para mejorar la eficiencia económica de los materiales para empaquetamiento y ser una opción de conservación para algunos alimentos.

Las funciones de un recubrimiento comestible es la reducción de la pérdida de humedad, debido a que debe de mantener ciertos niveles de  $A_w$ , además de reducir el transporte de gases ( $CO_2$  y  $O_2$ ), reducir la migración de aceites y grasas, reducir el transporte de solutos, mejorar las propiedades mecánicas, y de manejo de los alimentos, proveer de integridad estructural a los alimentos, retener componentes volátiles, contener aditivos, evitar el stress mecánico y protegerlo de la luz UV (Kerter y Fennema, 1986).

Una de sus funciones importantes del recubrimiento comestible es la habilidad para incorporar ingredientes activos, ya que pueden servir como soporte de aditivos capaces de conservar y mejorar la calidad del producto, como por ejemplo la incorporación de antioxidantes, antimicrobianos y mejoradores de textura.

### **1.2.2. Tipos de recubrimientos comestibles.**

Las propiedades que ofrecen los recubrimientos comestibles dependen en gran medida de los componentes de los cuales estén elaborados (Krochta et. al, 1994), los recubrimientos pueden estar compuestos por: proteínas, celulosa, almidón o materiales con base en dextrina, alginatos y gomas, ceras, lípidos o derivados de los monoglicéridos y la mezcla de cualquiera de los anteriores.

#### **1. Proteínas**

Los recubrimientos de proteínas se adhieren fácilmente a superficies hidrofílicas, a valores de difusión de agua altos los recubrimientos son poco resistentes, ya que predomina en la superficie grupos hidrófobos que hace que el recubrimiento se adhiera con dificultad. Las proteínas más comunes utilizadas para general recubrimientos comestibles son (Cubero Nuria, Monferrer Albert & Villalta Jordi, 2002):

- **Caseína:** Los caseinatos son buenos formadores de películas emulsionadas por su naturaleza anfifílica, su estructura desordenada y su capacidad para formar puentes de hidrógeno. Los recubrimientos de caseinato presentan características favorables para uso en alimentos como transparencia y flexibilidad (Cubero et. al, 2002).
- **Proteínas de suero lácteo:** Las películas basadas en proteínas del suero son excelentes barreras al  $O_2$ , aunque resultan ser muy frágiles. Como solución a este

inconveniente se detectó que sus propiedades mecánicas mejoran considerablemente mediante la adición de un agente plastificante, como el glicerol (Cubero et. al, 2002).

Su solubilidad en agua y su capacidad para actuar como emulsificante son 2 de sus propiedades importantes en la formación de recubrimientos, dando así recubrimientos comestibles transparentes, flexibles e insípidos.

- **Colageno:** Se aplican en productos y derivados cárnicos, principalmente como recubrimiento de salchichas y otros embutidos. Los beneficios que presenta este tipo de recubrimiento son evitar la pérdida de humedad y dar un aspecto uniforme al producto mejorando sus propiedades estructurales (Cubero et. al, 2002).
- **Zeína:** Se caracteriza por ser un material relativamente hidrofóbico y termoplástico por lo cual forman películas fuertes, con brillo, resistentes al ataque microbiano, insolubles en agua; con propiedades antioxidantes y capacidad de adhesión (Cubero et. al, 2002).
- **Gelatina:** La formación de sus geles termorreversibles se afecta con el pH, la fuerza iónica, la concentración, el punto isoeléctrico de la gelatina y otras propiedades fisicoquímicas de la gelatina, su solubilidad en agua es alta, por su naturaleza química, esta proteína está sujeta a reacciones de deterioro, como la hidrólisis, por acción de ácidos, enzimas y microorganismos, que pueden destruir la estructura tridimensional que forma el gel, los recubrimientos comestibles a base de gelatina reducen la permeabilidad al oxígeno, la difusión de vapor de agua y la migración de la grasa.

En la tabla 3 se muestran características de los recubrimientos formados por proteínas:

Tabla 3. Formulación y características de las películas proteicas. Fuente Guilbert, 1986.

Composición		Solubilidad en H <sub>2</sub> O	Barrera vs H <sub>2</sub> O	Características
1ra etapa	2da etapa	Fria / Caliente		
Gelatina				Flexible, suave, transparente
20 % glicero; 0-10 % agua		(-)/(+)	Pobre	Sin sabor y sin olor
	CaCl <sub>2</sub> 20%	(-)/(+)	Pobre	Flexible, suave, transparente, ligero sabor a sal
	Ác. Láctico 50%	(-)/(+)	Suficiente	Flexible, suave, transparente, resabios ácidos
	Ác. Tánico 20%	(-)/(+)	Suficiente	Suave, transparente, color café, resabio astringente
Caseína 10 % NaOH (pH 8) glicero 5-10 %; agua		(+)/(+)	Pobre	Flexibilidad suave, transparente, ligero sabor a leche
	CaCl <sub>2</sub> 20%	(+)/(+)	Pobre	Flexible, suave, transparente, poco
	Ác. Láctico 30 %	(-)/(-)	Suficiente	Flexible, opaca, resabios amargos, ligeramente rugosa
	Ác. Tánico 20 %	(+)/(+)	Suficiente	Suave, transparente, color café, resabio astringente
NaOH (pH 8); glicero 5/10 %; agua		(-)/(+)	Pobre	Calara
	Ác. Láctico 30 %	(-)/(-)	Suficiente	Flexible, suave, clara, resabios ácidos
	Ác. Tánico 20 %	(-)/(+)	Suficiente	Suave, transparente, color café, resabio astringente
Ovoalbúmina 10 %; NaOH (pH 8)		(+)/(-)	Pobre	Flexible, suave, transparente, clara

## 2. Lípidos

El recubrimiento comestible a base de lípidos de algunos productos tienen una larga historia en la industria de los alimentos. Se aplican generalmente en forma de emulsión para una mejor dispersión. Una variedad de componentes lipídicos se han utilizado como cubiertas protectoras, incluyendo las ceras naturales y surfactantes. Debido a la baja polaridad de estos recubrimientos la función principal es la de barrera contra el paso de humedad (Kester y Fennema, 1986). Las ceras y los lípidos incluyendo, la lecitina, ceras de abeja y glicéridos son sumamente usados para el recubrimiento de frutas, antes de ser considerados recubrimientos, se consideran como simples cubiertas. Las grasas también son utilizadas para recubrir confitería, en algunos casos puede ocurrir rancidez o que la superficie se pueda poner grasosa (Guilbert, 1986).



### 3. Polisacáridos

Los recubrimientos comestibles formados a base de polisacáridos, tienen propiedades de barrera a los gases y pueden adherirse a superficies de frutas y vegetales ya que por su estructura mucho, poco o nada ramificada, interactúan con el agua, otorgándole dicha propiedad. La mayoría de estos recubrimientos comestibles presentan buenas propiedades mecánicas como la adhesividad y elasticidad (elongación), estas características que proporcionan los polisacáridos en los recubrimientos comestibles son deseables para trabajar con productos frágiles, además de que no aportan sabor y son sensibles al calentamiento.

Las propiedades de barrera a la humedad son muy bajas debido a la naturaleza hidrofílica de los mismos recubrimientos (Guilbert, 1986). Se han elaborado recubrimientos a partir de celulosa, pectina, almidón, alginatos quitosano, carrageninas, gomas y mezclas. Estos recubrimientos, la mayoría de las veces son fuertes, de color claro, resistentes relativamente al paso del agua, no se ven afectadas por aceites, grasas o solventes orgánicos no polares (Guilbert, 1986).

Los polisacáridos utilizados en la elaboración de recubrimientos comestibles son:

- **Almidones:** Su uso en la fabricación de recubrimientos es muy conveniente ya que son polímeros biodegradables, comestibles y sus fuentes son abundantes (maíz, trigo, papa, arroz, etc.), renovables y de bajo costo. Su funcionalidad es principalmente servir como barrera al O<sub>2</sub> y a los lípidos, como también mejorar la textura (Cubero et. al, 2002).
- **Alginatos:** Presenta la propiedad de formar geles cuando se le adicionan iones calcio (Ca<sub>2+</sub>). Sus aplicaciones son variadas ya que poseen buenas propiedades de barrera frente al O<sub>2</sub> y lípidos, una de las más destacadas es en productos cárnicos frescos o congelados para evitar su deshidratación superficial (Cubero et. al, 2002).
- **Pectinas:** Para formar películas con este compuesto es necesario agregar una sal de calcio (cloruro de calcio) y plastificante. Debido a que son altamente permeables al agua su uso se limita a mejorar el aspecto de algunos productos como frutas secas (Cubero et. al, 2002).

- **Quitina y Quitosano:** En los últimos años estos polisacáridos se convirtieron en los aditivos de alimentos de origen biológico preferido, debido a sus propiedades antimicrobianas, a su abundancia en la naturaleza y a su capacidad para formar recubrimientos. Los recubrimientos formados por estos polisacáridos se caracterizan por ser transparentes, de buenas propiedades mecánicas y de barrera frente al O<sub>2</sub>. Las recubrimientos a base de quitosano fueron aplicadas en muchos productos, principalmente frutas y hortalizas como frutillas, pimientos, pepinos, manzanas, peras, duraznos y ciruelas con el objetivo de preservar su calidad y actuar como agente antimicrobiano (Cubero et. al, 2002).
- **Carragenanos:** Al igual que los alginatos requieren de la adición de sales de calcio para la formación de geles. Como resultado se obtienen recubrimientos transparentes e incoloros y de sabor ligeramente salado. Estas se aplican principalmente para retardar la pérdida de humedad de algunos frutos (Cubero et. al, 2002).
- **Derivados de la celulosa:** Los derivados de la celulosa son considerados buenos agentes formadores de películas debido a su estructura lineal. Generalmente las películas son sólidas y resistentes a los aceites y a la mayoría de los solventes orgánicos no polares. Se emplean para controlar la difusión de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, a fin de retrasar el proceso de maduración en frutas y vegetales (Cubero et. al, 2002).
- **Goma guar:** Es un hidrato de carbono polimerizado que contiene galactosa y manosa en sus bloques estructurales, la goma guar tiene altas viscosidades en concentraciones bajas generalmente menor a 1%, puesto que a concentraciones mayores la viscosidad se vuelve excesiva. Las soluciones de goma guar son estables en un amplio rango de pH, la viscosidad es casi constante en un rango de 1.0 a 10.5 se cree que esta estabilidad se debe a la naturaleza sin carga y no iónica de la molécula. Se obtienen fuertes reacciones con soluciones de ciertos cationes inorgánicos; por ejemplo la adición de sales de calcio a altas concentraciones (Cubero et. al, 2002).

En la tabla 4, a continuación se presenta algunas características de los recubrimientos a base de polisacáridos, en donde la gran mayoría de los polisacáridos forman recubrimientos

flexibles, sin olor, sin color, transparentes y suaves, cabe mencionar que los recubrimientos multicomponentes se refieren a que están formados por 2 o más polisacáridos:

Tabla 4. Formulación y características de las películas a base de polisacáridos. Fuente Guilbert, 1986.

Composición		Solubilidad en H <sub>2</sub> O		Barrera vs H <sub>2</sub> O	Características
1ra etapa	2da etapa	fría	caliente		
Carboximetilcelulosa					
1-3%; agua		+	-	Suficiente	Flexible, suave, transparente, sin sabor, sin olor, clara
Maltodextrinas					
3-10%; agua		+	+	Pobre	Flexible, suave, transparente, sin sabor, sin olor, clara
Goma arábica					
20-30% glicerol, 5-10% agua		+	+	Pobre	Flexible, suave, transparente, sin sabor, sin olor, clara
Alginato de sodio	CaCl <sub>2</sub> 4%				
2% glicerol, 20% agua	agua	-		Pobre	Flexible, suave, transparente, sin sabor, sin olor, clara
Alginato de sodio	CaCl <sub>2</sub> 5%				
2 - 5% agua	agua	-		Pobre	Flexible, suave, transparente, sin sabor, sin olor, clara
Películas multicomponente					
A(20%) en B(80%)		+	+	Buena	Poco flexible, suave, opaca olor y sabor a cera
A: cera caraua 20%					
ácido esteárico y palmítico					
40%, etanol 40%					
B: caseína 10%;NaOH					
(pH 8); glicerol 5-7% agua					

Cabe mencionar que la mezcla con iones calcio y algunos polisacáridos ayuda en el proceso de gelificación con la finalidad de que los iones calcio se enlacen con las moléculas del polisacárido formando así la matriz del gel.

Varios aditivos son empleados en los recubrimientos comestibles y tener influencia en las propiedades mecánicas, protectoras y sensoriales. Para incrementar las propiedades organolépticas o nutricionales en los alimentos se pueden incorporar agentes saborizantes, pigmentos o aditivos nutricionales en los recubrimientos comestibles o cubiertas:

Los aditivos pueden ser:

- a) Plastificantes (ceras, aceites, ácidos grasos, polioles)
- b) Conservadores químicos (ácido benzoico, ácido sórbico)
- c) Surfactantes y emulsificantes (grasas, aceites)

La influencia que tendrá el aditivo en las propiedades del recubrimiento comestible dependerá del grado de concentración, de la estructura química, del grado de dispersión del recubrimiento y la interacción con los polímeros; Los aditivos anteriores se describen a continuación:

a) Plastificantes

El plastificante es un factor importante en la formulación de los recubrimientos comestibles ya que afecta las propiedades mecánicas y la permeabilidad de las películas. Los plastificantes alteran la estructura de los recubrimientos ya que reducen la tensión superficial que pueda haber en el recubrimiento, esto afecta a la movilidad de cadena del polisacárido, lípido o proteína y puede disminuir o aumentar los coeficientes de difusión de gases o agua.

Los plastificantes son compuestos de baja volatilidad que pueden ser añadidos para impartir flexibilidad a un recubrimiento (Kester y Fennema, 1986).

Los plastificantes que se utilizan en la industria de los alimentos incluyen:

- Monosacáridos, Disacáridos, Oligosacáridos (glucosa, jarabes de fructosa o glucosa, miel).
- Polioles (sorbitol, glicerol, polietilenglicoles y los derivados del glicerol).
- Lípidos y derivados (ácidos grasos, monoacilgliceroles, derivados éster, fosfolípidos, y surfactantes).

b) Antimicrobianos

Se define como un agente antimicrobiano a un compuesto sintético adicionado de manera intencional o de ocurrencia natural que puede ser utilizado comercialmente como aditivo para la preservación de los alimentos.

Una amplia variedad de sistemas antimicrobianos, han sido desarrollados a partir de microorganismos, plantas y animales, muchos de los cuales ya han sido empleados para la conservación de alimentos.

La función de los agentes antimicrobianos es la inhibición o inactivación de los microorganismos, esto depende de la concentración utilizada en los alimentos. Los sitios de acción de los agentes antimicrobianos incluyen a la membrana celular, pared celular, enzimas metabólicas, síntesis de proteínas y el sistema genético.

La acción del agente antimicrobiano empieza por el deterioro de los sistemas enzimáticos, incluyendo aquellos involucrados en la producción de energía y en la síntesis de componentes estructurales. Una vez que el compuesto antimicrobiano cruza la membrana celular, interacciona con los componentes de la célula y con las proteínas causando un flujo contrario de protones a través de ella, afectando así a la actividad celular, sensibilizando la membrana citoplasmática causándole un grave daño a la célula (Denyer, 1998).

La célula bacteriana vegetativa ofrece tres grandes regiones donde interaccionará el agente antimicrobiano (biocida): la pared celular, la membrana citoplasmática y el citoplasma. El biocida accede a estas regiones que se determinan por el material extracelular, la morfología celular y la composición química celular; la variación fenotípica en la fisiología celular puede llevar a la resistencia intrínseca de la célula bacteriana (Wright y Gilbert, 1987). La acción del biocida es absorbido por la célula bacteriana, seguido por una saturación al sitio donde el biocida atacará a la célula bacteriana a niveles perjudiciales, característica fuertemente influenciada por parámetros fisicoquímicos del biocida. En la progresión hacia sus objetivos, los biocidas encuentran una variedad de estructuras de la célula bacteriana y que esto provocará la muerte de dicha célula bacteriana. A continuación, la penetración del agente biocida debe ser asistida por los efectos desestabilizadores localizados en la membrana externa derivada de las acciones de interacción debido a la saturación del biocida en la célula bacteriana (Russell, 1991). La sorción inicial, la progresión, y la acumulación del biocida son sucesos instantáneos y por lo tanto puede ser influenciados por factores tales como la concentración del biocida, la temperatura y la formulación, el pH afecta tanto a la carga en estructuras microbianas y la ionización de los biocidas ionizables. Por lo tanto, los factores externos pueden influir profundamente en el ritmo y la extensión de la lesión celular sin necesidad de invocar ningún efecto directo sobre el mecanismo de acción (Denyer, 1998).

En la Imagen 2, se muestra las zonas donde el agente antimicrobiano actúa, mostrando las zonas que pueden ser alteradas de una célula bacteriana Gram negativa y una célula bacteriana Gram positiva (Denyer, 1998):

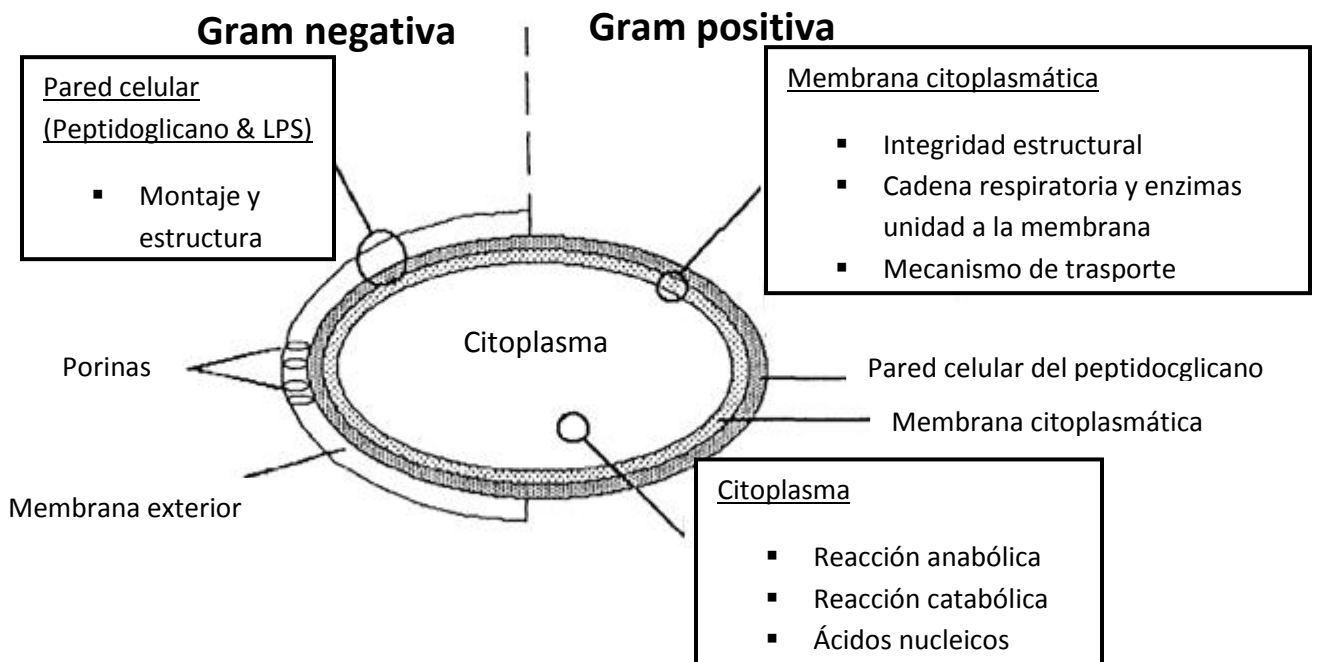


Imagen 2. Zonas en donde el antimicrobiano puede atacar en una célula Gram positiva y Gram negativa.  
Fuente: Denyer, 1998.

### 1.2.3. Usos de los recubrimientos comestibles en la industria.

En los últimos años el uso de los recubrimientos comestibles en las diferentes áreas de la industria alimentaria se ha diversificado.

Para la conservación de frutas y hortalizas se utilizan biopolímeros derivados de la celulosa, ceras, almidón, gomas, alginatos, quitosano y proteínas, con ellos más la adición de plastificantes y/o antimicrobianos aplicados a frutas y hortalizas enteras o troceadas, ayudando a los procesos metabólicos de respiración y transpiración de la fruta y/o hortaliza.

En la industria cárnica y pesquera la aplicación de recubrimientos comestibles se desarrolla con el fin de controlar o reducir la pérdida de humedad de los productos así como soporte

para la adición de agentes antimicrobianos u otro tipo de aditivos; para esto recubrimientos se utiliza queratina, gelatina, entre otros.

Para la industria láctea en la elaboración de quesos los recubrimientos comestibles se aplican con el fin de evitar aquellos problemas que se presentan durante el tiempo de almacenamiento, como por ejemplo el crecimiento de hongos sobre la superficie del queso, de esta manera se puede aumentar su vida útil.

Los recubrimientos tienen varios usos en la industria alimentaria, además de que también tienen limitantes, por ejemplo la mayoría de los recubrimientos deben utilizarse en productos con  $a_w$  mayor a 0.94 ya que si se utilizan en productos con una mayor  $a_w$  puede tener el riesgo de que se degrade o se disuelva con el contacto de humedad y pueda perder sus propiedades de barrera, al menos que el recubrimiento sea para una protección de corto tiempo o el alimento se congele inmediatamente.

A continuación se muestra una tabla con el propósito y la aplicación de un recubrimiento:

Tabla 5. Usos de los recubrimientos en alimentos. Fuente: Guilbert, 1986.

Propósito	Aplicaciones
Preveer una protección individual vs la humedad y el oxígeno	Pescado fresco, queso, carne y derivados, botana
Retardar el crecimiento microbiano externo	Alimentos de humedad intermedia
Controlar el balance de humedad dentro de un alimento heterogéneo	Pizzas, pays, sandwiches, pasteles
Mejorar las propiedades mecánicas	Cacahuates, camarones, botana y jaiba
Preveer integridad estructural para reforzar la estructura del alimento	Carne reestructurada, pescado, alimentos liofilizados
Restrigir la migración de humedad	Frutas, horneados y congelados
Proteger las piezas que estan dentro de tazas o bolsas	Quesos, congelados y helados
Proteger las superficies o el empackado de la absorción de grasa	Cubos de queso, fruta seca, botana, congelados
Mejorar la apariencia del alimento añadiéndole brillo	Productos de panificación, fruta y botana

#### **1.2.4 Propiedades mecánicas de los recubrimientos comestibles.**

Las propiedades mecánicas de los recubrimientos comestibles son de alta importancia ya que tienen un gran impacto en la estabilidad y flexibilidad a cambios físicos, químicos y ambientales, factores que pueden alterar la estabilidad del recubrimiento como incremento o disminución de la temperatura ambiental, el manipuleo del recubrimiento y las características del alimento en donde se va a aplicar.

Las propiedades mecánicas de los recubrimientos comestibles dependen del tipo del material a utilizar y especialmente de la cohesión entre las moléculas del recubrimiento, propiedad ligada a la formación de enlaces fuertes y/o numerosos entre las cadenas poliméricas formando una matriz que evite así su separación (Guilbert 1986).

En la gran mayoría de los recubrimientos comestibles se adiciona un aditivo (generalmente un plastificante) para ayudar a mejorar la flexibilidad del recubrimiento haciéndolo menos quebradizo, propiedad ligada con el porcentaje de elongación, el cual representa la habilidad del recubrimiento a estirarse.

#### **1.2.5 Propiedades fisicoquímicas de los recubrimientos comestibles.**

La permeabilidad de los recubrimientos abarca la transmisión de gas y vapor de agua así como la sorción de los mismos.

La permeación que se define como la propiedad en la cual un gas puede atravesar un material a nivel molecular se utiliza cuando se trata de recubrimientos heterogéneos, de composición o espesor desconocido. La permeación es lo mismo que la permeabilidad sin tomar en cuenta el término de espesor (Guzmán, 2003).

La permeabilidad es la transmisión de un elemento o sustancia a través de un material resistente. El primer mecanismo para el flujo de vapor de agua o gas por el recubrimiento es por difusión activa en la que se incluye la solubilización del gas en el recubrimiento, difusión a través del recubrimiento y finalmente el paso al otro lado del recubrimiento.

En el segundo paso del proceso de difusión depende del tamaño, forma y polaridad del elemento o sustancia, de la cristalinidad, de los enlaces y el movimiento de las cadenas poliméricas del recubrimiento comestible (Donhowe y Fennema, 1994).



El mecanismo de capilaridad, puede presentarse cuando no hay imperfecciones en el recubrimiento y el gas permeable sea insoluble. La velocidad de la permeabilidad disminuye con el diámetro de la molécula que atraviesa la matriz, cuando no hay interacción entre el material permeante y el polímero (Sánchez, 1998).

#### **1.2.6 Propiedades antimicrobianas de los recubrimientos comestibles.**

Las propiedades antimicrobianas de los recubrimientos dependen en gran medida de los aditivos empleados en la formulación del recubrimiento para inhibir el crecimiento de células bacterianas, el recubrimiento por sí solo no presenta ninguna propiedad antimicrobiana; el proceso del antimicrobiano se describe en el inciso b del punto 2.2.

## 1.3 INOCUIDAD ALIMENTARIA

---

Las medidas de inocuidad alimentaria garantizan la sanidad y seguridad de los alimentos que consumimos y disminuyen el número de enfermedades que tienen su origen en alimentos contaminados. Por todo esto, la inocuidad es un factor determinante en la producción y comercialización de alimentos.

La inocuidad de los alimentos es una prioridad de la salud pública. Cada año enferman millones de personas, muchas de las cuales mueren, por ingerir alimentos insalubres. En el decenio pasado hubo brotes graves de enfermedades transmitidas por los alimentos en todos los continentes, y en muchos países la frecuencia de esas enfermedades está aumentando de forma significativa.

Los problemas más preocupantes relacionados con la inocuidad de los alimentos son:

- La propagación de los riesgos microbiológicos (entre ellos bacterias como *Salmonella* o *Escherichia coli* patogena).
- Los contaminantes químicos de los alimentos.
- La evaluación de nuevas tecnologías alimentarias, como los alimentos genéticamente modificados.

### 1.3.1 Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA).

Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) se producen por la ingestión de alimentos y/o bebidas contaminadas con microorganismos patógenos que afectan la salud del consumidor en forma individual o colectiva.

Sus síntomas más comunes son diarreas, vómitos, pero también se puede presentar otros como choque séptico, hepatitis, cefaleas, fiebre, visión doble, entre otras (Rosas, 2007).

Las ETA constituyen un importante problema de salud pública debido al incremento en su ocurrencia, el surgimiento de nuevas formas de transmisión, la aparición de grupos poblacionales vulnerables, el aumento de la resistencia de los patógenos a los compuestos antimicrobianos y el impacto socioeconómico que ocasionan. La incidencia de estas

enfermedades es un indicador directo de la calidad higiénico-sanitaria de los alimentos, y se ha demostrado que la contaminación de éstos puede ocurrir durante su procesamiento o por el empleo de materia prima contaminada pues algunas bacterias patógenas para el hombre forman parte de la flora normal de aves, cerdos y ganado (Rosas, 2007).

El control de los microorganismos causantes de ETA, por parte tanto de las autoridades sanitarias como de las plantas procesadoras de alimentos, depende en cierta medida del método analítico que se utiliza para su detección.

La detección y la investigación de los brotes de ETA constituye uno de los principales retos para el Sistema de Salud Pública, pues requiere obtener, de manera oportuna y eficaz, información médica (datos personales, síntomas, etc.) y análisis de laboratorio de los restos de alimentos o de las materias primas empleadas en su elaboración e, incluso, de las manos de las personas involucradas en la manipulación del alimento.

### **1.3.2. Microorganismos involucrados en las Enfermedades Transmitidas por Alimentos.**

La Secretaría de Salud (SSA) y la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), elaboran y emiten en coordinación con otras autoridades competentes las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que indican en las Especificaciones Sanitarias el análisis de los siguientes microorganismos patógenos:

#### 1. Microorganismos patógenos en alimentos:

- *Staphylococcus aureus*
- *Salmonella spp*

#### 2. Microorganismos patógenos analizados bajo situaciones de emergencia dictaminada por la Secretaría de Salud.

- *Listeria monocytogenes*
- *Vibrio cholerae O:1 toxigénico*

Existen otros microorganismos que aún que no se encuentran normados, su análisis es de importancia, debido a que estas bacterias pueden haber formado una población suficientemente grande para causar una infección alimentaria o intoxicar el intestino de un hospedador sensible. Estos microorganismos patógenos son:

- *Clostridium perfringens*
- *Clostridium botulinum*
- *Campylobacter jejuni*
- *Bacillus cereus*
- *Shigella*

### **1.3.3. Situación en el mundo y en el país.**

Cada año enferman millones de personas, muchas de las cuales mueren, por ingerir alimentos insalubres. Sólo las enfermedades diarreicas matan a unos 1,8 millones de niños cada año, y la mayoría de ellas son atribuibles a aguas o alimentos contaminados.

La preparación adecuada de los alimentos puede evitar la mayoría de las enfermedades transmitidas por ellos (OMS, 2009).

Las interconexiones de las actuales cadenas alimentarias mundiales hacen que los patógenos presentes en los alimentos se transmitan más ampliamente y a mayores distancias, aumentando la frecuencia de las enfermedades transmitidas por los alimentos y el número de lugares afectados por ellas. La rápida urbanización existente en todo el mundo también aumenta los riesgos, puesto que los habitantes de las zonas urbanas consumen más comidas preparadas fuera de casa, que pueden no ser manipuladas o preparadas adecuadamente y entre las que se incluyen los alimentos frescos, los pescados, las carnes y las aves.

La globalización de la producción y el comercio de alimentos aumentan la probabilidad de que se produzcan incidentes internacionales con alimentos contaminados. Los productos e ingredientes alimentarios importados son frecuentes en todos los países. La existencia de sistemas más sólidos de vigilancia de la inocuidad de los alimentos en los países exportadores puede reforzar la seguridad sanitaria tanto local como transfronteriza.

#### **1.3.4. Prevención y control de las ETA'S**

La detección y la prevención de las ETA'S dependen del esfuerzo conjunto de las autoridades normativas, sanitarias, industriales y educativas, cuyas investigaciones objetivas y detalladas conlleven a una disminución en los riesgos de contaminación de los alimentos. Para garantizar a los consumidores un alimento seguro e higiénico, es necesario el control de los microorganismos patógenos en todas las etapas de la producción, lo que implica disponer de métodos de diagnóstico que no sólo sean rápidos y sensibles, sino, sobre todo, altamente específicos.

En México, la regulación, el control y fomento sanitario de los productos, establecimientos y servicios, es el conjunto de acciones de carácter preventivo que lleva a cabo la autoridad sanitaria para controlar con base en la legislación sanitaria, las condiciones del hábitat humano, de establecimientos, de actividades, de procesos y de productos, que puedan representar riesgos a la salud de la población, así como para fomentar paralelamente las actitudes, valores y conductas adecuadas de las personas y de las empresas para motivar su participación responsable en beneficio de la salud individual y colectiva.

Dado el carácter estratégico de la inocuidad de los alimentos, el Gobierno Federal acordó establecer el Sistema Nacional de Inocuidad de Alimentos, de tal forma que converjan los esfuerzos de la SSA y de la SAGARPA, con el objetivo de asegurar la calidad sanitaria de los alimentos, y proporcionar así alimentos sanos a la población nacional y subsecuentemente ampliar y conservar el mercado internacional de los productos agrícolas, pecuarios y pesqueros mexicanos.

En 2001, la SSA creó la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), con la intención de integrar el ejercicio de la totalidad de Las funciones de control sanitario, es decir, medicamentos, equipo médico y otros insumos para la salud, salud ambiental y ocupacional, así como el de alimentos, bebidas, productos de perfumería y belleza, bebidas alcohólicas y tabaco, a través de una dependencia que unifique y armonice las políticas de la SSA en éstas áreas, y que cuente con autonomía técnica, administrativa y operativa de manera que se tomen decisiones con mayor rapidez, eficiencia y flexibilidad, siempre con el sustento científico (FAO, 2002).

La detección y la identificación de los patógenos implicados en las ETA'S es una parte fundamental de la vigilancia epidemiológica, por lo que es necesario estandarizar las técnicas a fin de implementar la vigilancia y el control de dichos microorganismos y prevenir las enfermedades que producen.

El desarrollo y la automatización de los métodos de PCR abren una gran oportunidad para su aplicación como herramientas analíticas en microbiología y control de calidad de los alimentos, debido a su rapidez, alta sensibilidad y eficiencia para la detección temprana de los patógenos. De ese modo, contribuirán notablemente a la prevención tanto de ETA'S como de sus consecuencias.

## OBJETIVOS

---

La base del presente trabajo está enfocada a la problemática existente que hay con las ETA'S presentes en los alimentos principalmente de los de canasta básica, en este caso el jitomate, ya que no hay ningún control de inocuidad sobre ellos y no se aseguran la inhibición de algunos agentes patógenos que provienen desde su recolección y que pueden dañar la salud de los consumidores, además de tener una alternativa de conservación recubriéndolo al jitomate y prolongando su tiempo de vida.

### 4.1. Objetivo general

Seleccionar un recubrimiento comestible antimicrobiano que permita controlar el desarrollo de *Salmonella spp.* en el jitomate.

### 4.2. Actividades Preliminares

- 1.- Selección de la materia prima (jitomate) de acuerdo a la norma: NMX-FF-031-1997-SCFI.
- 2.- Evaluación del agente antimicrobiano mediante un estudio de presencia y/o ausencia de una cepa de *Salmonella spp in vivo*.
- 3.- Selección del polisacárido para el recubrimiento comestible mediante la compatibilidad con la superficie del jitomate por medio de una observación visual.

### 4.3. Objetivos particulares

- 1.- Evaluar la efectividad del antimicrobiano BIOXITRAL contra una cepa de *Salmonella spp.* en jitomate a través de un recubrimiento comestible.
- 2.- Evaluar la influencia del recubrimiento comestible antimicrobiano en la vida de anaquel del jitomate variedad saladette mediante una comparación respecto a sus parámetros físicos (pérdida de peso y apariencia externa) de calidad con jitomates sin tratamiento.
- 3.- Caracterizar el recubrimiento comestible seleccionado para el jitomate variedad saladette (*Lycopersicon esculentum* Mill) mediante pruebas fisicoquímicas (Ángulo de contacto y Transferencia de oxígeno) y pruebas mecánicas (fuerza de ruptura).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

---

### 2.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES

#### 2.1.1 Selección de la materia prima.

Para la selección de materia prima, se contó con un lote de 100 jitomates provenientes de un supermercado ubicado en la zona de Cuautitlán Izcalli de los cuales, los jitomates se evaluaron con base en la norma mexicana: NMX-FF-031-1997-SFCI.

Los jitomates habían de cumplir las siguientes especificaciones de acuerdo a la norma antes mencionada, se descartaron los jitomates que no cumplieran con alguna de estas características, la selección se realizó mediante una observación visual:

- Estar enteros.
- De aspecto fresco.
- Sanos exteriormente; excluyendo los productos afectados de pudrición o de alteraciones que los haga no aptos para el consumo.
- Firmes
- No sobremaduro o flojo.
- Limpios.
- Sin daños manchados por heladas o congelación.
- Libres de daños por asoleado.
- Exentos de olor y/o sabor extraños.
- Exentos de humedad exterior anormal.
- Estar exentos de daños causados por plagas o enfermedades.

Fuente: NMX-FF-031-1997-SFCI.

#### 2.1.2 Evaluación de la actividad del agente antimicrobiano.

Para la determinación de la actividad antimicrobiana, se observó la presencia o ausencia de *Salmonella spp.*, al ponerla en contacto con un agente antimicrobiano de origen natural, comestible y biodegradable bajo condiciones de prueba específicas (incubándolos a 37 °C, en un tiempo de 12 hrs.).

#### **Procedimiento:**

Los jitomates se trataron previamente lavándolos con agua y jabón y desinfectándolos a una concentración de 100 ppm de cloro marca CLORALEX (1ml de cloro por 1 L de agua, indicado en las instrucciones del producto) desinfectándose por un tiempo de 15 minutos, para asegurar que el jitomate no presentara algún agente externo que pudiese modificar el resultado de la prueba.



1.- Se realizaron los siguientes grupos con 3 jitomates cada uno:

- Grupo 1: Jitomates control (Solo bacteria).
- Grupo 2: Jitomates con antimicrobiano (Bacteria y antimicrobiano).

2.- A cada grupo se le colocaron en una zona marcada con plumón 50 µl de una cepa de *Salmonella spp.* previamente estandarizada a  $10^7$  UFC/ml.

3.-Se colocaron 50 µl del agente antimicrobiano **Bioxitral Líquido V02L** a jitomates del grupo 2 y se dejó actuar por 15 minutos a temperatura ambiente.

Cabe señalar que la sustancia activa en el agente antimicrobiano se compone de **Naringina (C<sub>27</sub> H<sub>32</sub> O<sub>14</sub>) de toronja, Ácido Ascórbico (C<sub>6</sub> H<sub>8</sub> O<sub>6</sub>), Ácido Cítrico (C<sub>6</sub> H<sub>8</sub> O<sub>7</sub>) y Ácido Linoleico** en un 50 % de concentración en el agente antimicrobiano, según lo señalado en la ficha técnica del agente antimicrobiano.

4.- Después de los 15 minutos, los jitomates de los grupos 1 y 2 se colocaron en bolsas herméticas con 50 ml de agua peptonada durante 10 minutos con frotación constante.

5.- Se tomaron 10 ml de la solución de agua peptonada; se le neutralizó la acidez con hidróxido de potasio (KOH) a una concentración de 1 N hasta un pH de 7.0 (Solo al grupo 2).

6.- Se tomó 1 ml de la solución de agua peptonada de cada grupo, se sembraron en caldo BHI y se incubó a 37 °C por 12 hrs.

Al finalizar el periodo de incubación se observó si había o no crecimiento de la *Salmonella* en los tubos del grupo 2 y se verificó haciendo un comparativo con los tubos del grupo 1 mediante la observación visual del tubo, a los tubos que contenían al microorganismo se les formó un precipitado, además de que la solución se tornó turbia, si los tubos no presentaban estas características, por lo tanto no había crecimiento.

### **2.1.3 Elaboración del recubrimiento comestible.**

Se seleccionó la formulación de un recubrimiento comestible compatible con el jitomate, mediante 9 formulaciones tentativas de recubrimiento, presentes en la tabla 6:

Tabla 6: Formulaciones de los recubrimientos comestibles.

Formulación	Composición		Referencia
	1 Etapa	2da Etapa	
1	2% alginato de sodio	2% CaCl <sub>2</sub>	
2	2% alginato de sodio; 4% glicerol	2% CaCl <sub>2</sub>	
3	0.5% goma guar	0.3% CaCl <sub>2</sub>	Oms-Oliu et al. (2007).
4	2% alginato de sodio; 0.5% gelatina; 2% glicerol	2% CaCl <sub>2</sub>	Oms-Oliu et al. (2007).
5	2% alginato de sodio; 0.5% gelatina; 4% glicerol	2% CaCl <sub>2</sub>	Oms-Oliu et al. (2007).
6	2 % alginato de sodio; 0.5% goma guar; 2% glicerol	2% CaCl <sub>2</sub>	Oms-Oliu et al. (2007).
7	2% alginato de sodio; 0.5% goma guar; 4% glicerol	2% CaCl <sub>2</sub>	Oms-Oliu et al. (2007).
8	2% alginato de sodio; 2% pectina; 2% glicerol	2% CaCl <sub>2</sub>	Oms-Oliu et al. (2007).
9	2% alginato de sodio; 2% pectina; 4% glicerol	2% CaCl <sub>2</sub>	Oms-Oliu et al. (2007).

Cada recubrimiento se aplicó de la misma manera al jitomate:

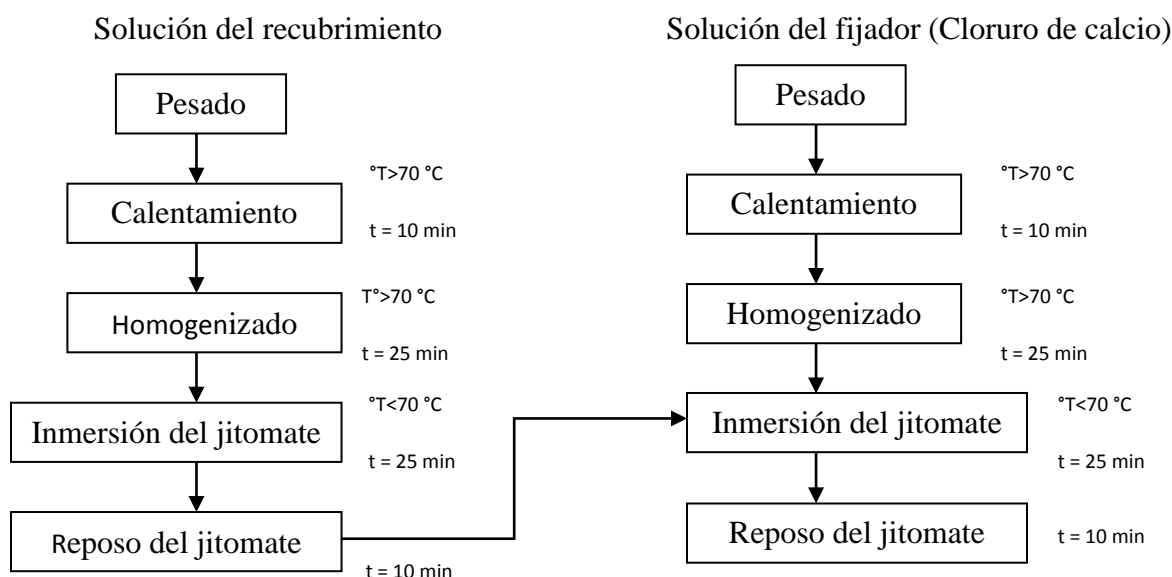


Diagrama 1: Elaboración y aplicación de las formulaciones de recubrimiento comestible.

En el diagrama 1 se muestra la elaboración y la aplicación del recubrimiento comestible al jitomate, en la cual se pesa el polisacárido y/o goma y/o proteína a utilizar, se calienta el

medio en donde se va a dispersar el polisacárido y/o goma y/o proteína, se homogeniza la dispersión posteriormente se deja a enfriar la dispersión para poder sumergir el jitomate, se deja reposar por un tiempo de 10 minutos para poder agregar el cloruro de calcio, se mantuvieron la condiciones de operación para todas las formulaciones utilizadas.

Cada formulación fue aplicada a 3 jitomates que posteriormente se almacenaron a una temperatura de aproximadamente 20 °C, durante un periodo de tiempo de 7 días.

El uso del cloruro de calcio ayuda a que la dispersión de alginato y glicerol con el antimicrobiano forma interacciones muy débiles por la cual se usa el cloruro de calcio que interacciona con los grupos  $\beta$ -D Manurónico del alginato de sodio, un ion calcio presenta 2 cargas negativas capaces de haber combinado 2 grupos funcionales  $\text{COO}^-$  del grupo M ( $\beta$ -D Manurónico) libres de la molécula de alginato, si el número de iones calcio es poco la estructura de alginato sólo produce soluciones viscosas, pero a medida de que aumenta el número de iones calcio la solución se convierte gradualmente en un gel (Cubero *et. al*, 2002).

La metodología que se siguió es la misma para todas las formulaciones, donde se describe a continuación:

### **1.- Metodología para la formación de los recubrimientos comestibles (Formulación 1 y 2).**

1.- Pesar 2 g de alginato de sodio y dispersarlos en 100 ml. de agua destilada a 70 °C, agitar hasta que la disolución no presente ningún sólido suspendido.

\* Para la formulación 2; Agregar 4 ml de glicerol en la disolución de alginato de sodio y dispersar.

2.- Pesar 2 g de cloruro de calcio y diluirlos en 100 ml. de agua destilada a 70 °C, agitar hasta que la disolución no tenga ningún sólido suspendido.

3.- Dejar enfriar las dispersiones de alginato de sodio y cloruro de calcio.

4.- Sumergir el jitomate en la dispersión del alginato de sodio por un tiempo de 5 minutos.

5.- Posteriormente retirar el jitomate de la dispersión de alginato de sodio y verter la dispersión de cloruro de calcio hasta recubrir el jitomate en su totalidad.

6.- Dejar secar por un tiempo aproximado de entre 10 y 15 minutos a temperatura ambiente.

## **2.- Metodología para la formación de los recubrimientos comestibles (Formulación 4, 5, 6, 7, 8, 9).**

- 1.- Pesar 0.5 g de goma guar, 0.5 g de gelatina y/o 2 g de pectina y mezclarlos en la dispersión de alginato de sodio a 70 °C agitando hasta que la disolución no tenga ningún sólido suspendido.
- 2.- Agregar 2 ml de glicerol en la disolución de alginato de sodio (formulaciones 4, 6, 8) y dispersar, agregar 4 ml de glicerol en la disolución de alginato de sodio (formulaciones 5, 7, 9) y dispersar.
- 3.- Pesar 2 g de cloruro de calcio y diluirlos en 100 ml. de agua destilada a 70 °C, agitar hasta que la disolución no tenga ningún sólido suspendido.
- 4.- Dejar enfriar las dispersiones de la mezcla de alginato de sodio con goma guar, gelatina y/o pectina y cloruro de calcio.
- 4.- Sumergir el jitomate en la dispersión de la mezcla del alginato de sodio con goma guar, gelatina y/o pectina por un tiempo de 5 minutos.
- 5.- Posteriormente retirar el jitomate de la dispersión de la mezcla de alginato de sodio con goma guar, gelatina y/o pectina y verter la dispersión de cloruro de calcio hasta recubrir el jitomate en su totalidad.
- 6.- Dejar secar por un tiempo aproximado de entre 10 y 15 minutos a temperatura ambiente.

## **3.- Metodología para la formación de los recubrimientos comestibles (Formulación 3).**

- 1.- Pesar 0.5 g de goma guar y dispersarlos en 100 ml de agua destilada a 70 °C, agitar hasta que la dispersión no presente ningún sólido suspendido.
- 2.- Dejar enfriar la dispersión de goma guar.
- 3.- Sumergir el jitomate en la dispersión de goma guar por un tiempo de 5 minutos.
- 4.- Posteriormente retirar el jitomate de la dispersión de goma guar y verter la dispersión de cloruro de calcio hasta recubrir el jitomate en su totalidad.
- 5.- Posteriormente retirar el jitomate de la dispersión de alginato de y verter la dispersión de cloruro de calcio hasta recubrir el jitomate en su totalidad.
- 6.- Dejar secar por un tiempo aproximado de entre 10 y 15 minutos a temperatura ambiente.

## 2.2 CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE.

### 2.2.1. Prueba *in vitro*

La prueba *in vitro* se determinó en caja petri para observar el comportamiento del agente antimicrobiano con el recubrimiento sobre una cepa de *Salmonella*.

#### Equipo:

- Incubadora Marca “Blue M” DRY TYPE BACTERIOLOGICAL INCUBATION 200A
- Cuenta colonias Darkfield Marca “QUEBEC” MODEL 3325
- Autoclave Marca “Presto” modelo 21 Lts

#### Materiales:

- Tubo de ensayo estéril
- Hisopos estériles
- Pipeta 10 ml
- Caja petri

#### Reactivos:

- Agar tripticasa soya
- Caldo infusión cerebro corazón
- Agar macconkey
- Antimicrobiano (**Bioxitral Líquido V02L**)
- Solución salina

#### Procedimiento:

- 1.- Se suspendieron 5 colonias de *Salmonella spp.* en un tubo de ensayo con solución salina.
- 2.-Se humedeció un hisópo estéril en la solución de la cepa de *Salmonella spp.* estandarizada, se sembró de forma masiva en un medio agar soya tripticaseina (TSA).
- 3.- Se preparó el recubrimiento comestible (2% alginato de sodio, 4% de glicerol) a diferentes concentraciones del antimicrobiano **Bioxitral Líquido V02L** (2000ppm, 3000 ppm, 4000 ppm, 5000 ppm).
- 4.- Se dividió en 2 cuadrantes las cajas petri donde en la parte superior de la caja se colocaron 50 µl del recubrimiento a las diferentes concentraciones mencionadas en el punto

3, que contenían agar TSA con la *Salmonella spp.* previamente sembrada. Cada concentración se realizó por triplicado.

La caja se dividió en 2 cuadrantes para comparar la efectividad del agente antimicrobiano.

4.- Se incubaron a 37 °C por un tiempo de 24 hrs.

La inhibición o no del crecimiento de la *Salmonella spp.* se observó mediante un halo que se formó en el área donde se aplicó el recubrimiento con las diferentes concentraciones de solución antimicrobiana (2000 ppm, 3000 ppm, 4000 ppm y 5000 ppm).

### **2.2.2 Prueba *in vivo***

La prueba *in vivo* se determinó en jitomates para observar la eficiencia del agente antimicrobiano con el recubrimiento en el jitomate sobre una cepa de *Salmonella spp.* previamente inoculada.

#### **Equipo:**

- Incubadora Marca “Blue M” DRY TYPE BACTERIOLOGICAL INCUBATION 200A
- Cuenta colonias Darkfield Marca “QUEBEC” MODEL 3325
- Autoclave Marca “Presto” modelo 21 Lts

#### **Materiales:**

- Tubo de ensayo estéril
- Pipeta 10 ml
- Caja petri
- Jitomates

#### **Reactivos:**

- Medio tripticasa soya
- Antimicrobiano (**Bioxitral Liquido V02L**)
- Agua peptonada

#### **Procedimiento:**

- 1.- Se lavaron a chorro de agua 12 jitomates con un cepillo y jabón en polvo marca ROMA.
- 2.-Se sumergieron en una solución de agua destilada con cloro (1L de agua destilada por 1 ml de cloro).
- 3.-Se dejaron reposar durante 15 minutos.

- 5.- Se preparó caldo BHI como medio para la incubación de microorganismo.
- 6.-Se lavaron los jitomates con abundante agua de la llave previamente esterilizada y después se lavaron con agua destilada estéril para quitarle el exceso de cloro que los jitomates pudieran presentar (Se utilizaron guantes en el proceso).
- 7.- Se dejaron secar los jitomates por un periodo de aproximadamente 30 minutos.
- 8.- Se realizaron los siguientes grupos con 5 jitomates cada uno:
  - Grupo 1- Jitomate (Control)
  - Grupo 2- Microorganismo (Control)
  - Grupo 3- Microorganismo + Recubrimiento (Control)
  - Grupo 4- Microorganismo + Recubrimiento con antimicrobiano.
- 9.- A los grupo 2, grupo 3 y grupo 4 se les aplicó 50 µl de la cepa de *Salmonella spp.* previamente estandarizada en una zona aleatoria sobre la superficie del jitomate.
- 10.-Se lavó cada jitomate con 50 ml de agua peptonada estéril al 0.1 % en una bolsa hermética estéril.
- 11.-Se tomó de cada bolsa hermética con el jitomate 1 ml del agua peptonada y se colocó en un tubo con caldo BHI estéril; esto se realizó para cada grupo de jitomates.
- 12.- A los tubos del grupo 4 se les agregó una gota de Hidróxido de Potasio a 1 N para inactivar el antimicrobiano.
- 13.- Los tubos se incubaron a 37 °C por un tiempo de 24 hrs.

Pasado las 24 horas de incubación, se tomó una muestra con un asa estéril y se sembró en cajas petri con agar TSA, que posteriormente fueron incubadas a 37 °C por un tiempo de 24 hrs. para poder observar la presencia y/o ausencia del crecimiento de *Salmonella spp.*; la siembra se realizó por el método de conteo en placa mencionado por la NOM-113-SSA1-1994.

## **2.3 VIDA DE ANAQUEL.**

### **2.3.1 Pérdida de peso.**

El parámetro de pérdida de peso fue determinado por diferencia de pesos en un lote de 3 jitomates listos para consumo (maduros), de los cuales se les aplicó el recubrimiento con el antimicrobiano, teniendo 3 jitomates control para comparar la pérdida de peso que hay antes y después de un periodo de 21 días de la aplicación del recubrimiento; La Ec. (2) se utilizó para calcular la pérdida de peso, los resultados se expresaron en porcentaje.

$$\text{Pérdida de peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100 \quad \text{Ec. (2)}$$

### **2.3.2 Apariencia externa.**

El jitomate durante su observación no debe de presentar ningún daño físico ocasionado por el recubrimiento, su aspecto deberá ser liso y sin ninguna lesión.

## **2.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE.**

Para las pruebas fisicoquímicas se prepararon las muestras del recubrimiento pesando 2 g. de alginato de sodio y posteriormente se dispersaron en 100 ml. de agua destilada a 70 °C, agitando constantemente hasta que la disolución no presentara ningún sólido suspendido, se agregaron 4 ml de glicerol en la disolución de alginato de sodio y se continuo dispersando.

Se preparó la disolución de cloruro de calcio pesando 2 g. y diluyéndolos en 100 ml. de agua destilada a 70 °C, agitando hasta que no presentara ningún sólido suspendido.

Se dejaron enfriar las disoluciones, se vertieron 20 ml de la disolución del alginato de sodio en una caja petri que posteriormente fue bañada con la disolución de cloruro de calcio para formar el recubrimiento, se dejó reposar por 10 minutos y se retiró el exceso de la disolución del cloruro de calcio. Las cajas petri se dejaron secar por un tiempo de 12 horas a temperatura ambiente (25 °C aprox.), se retiró cuidadosamente el recubrimiento de la caja petri, obteniendo un espesor de 0.25mm, cabe mencionar que se utilizó el mismo espesor de los recubrimientos para todas las pruebas fisicoquímicas.

### **2.4.1 Ángulo de contacto**

El ángulo de contacto se obtuvo a partir de que una gota de agua se formaba sobre la superficie del recubrimiento.

#### **Equipo:**

- Tantec Half-Angle Technique US Patent.

#### **Materiales:**

- Espátula
- Jeringa con aguja

#### **Reactivos:**

- Agua destilada



## Metodología:

- 1.- Preparar las muestras del recubrimiento comestible antimicrobiano a evaluar cortándolas de acuerdo al área a emplear en donde se colocará la muestra.
- 2.- Preparar la aguja (Ref. Imagen 3) donde se colocará agua destilada que se dejará derramar sobre el recubrimiento.
- 3.- Conectar la fuente de luz (Ref. Imagen 3) al equipo de medición “Half-Angle Technique US Patent” y prender.
- 4.- Dejar caer una gota de la solución.

Se entiende como ángulo de contacto al ángulo que existe entre la superficie de una gota líquida y la superficie sobre la cual se encuentra, se formará la sombra de la gota y se reflejará en un sistema de medición (Ref. Imagen 3), si el ángulo es menor a  $90^\circ$  se dice que el líquido moja al sólido o si el ángulo formado es mayor a  $90^\circ$  se dice que el líquido no moja la superficie del sólido, el valor del ángulo de contacto depende principalmente de la relación existente entre las fuerzas adhesivas del líquido y del sólido y las fuerzas cohesivas del propio líquido (Rodríguez, 2010).



Imagen 3: Equipo para la medición de ángulo de contacto.

### 2.4.2 Tráansferencia de oxígeno

La transferencia de oxígeno se determinó en función de la cantidad de oxígeno que el recubrimiento permite pasar a través de él por un tiempo determinado:

#### **Materiales:**

- Matraz de erlenmeyer 250 ml
- Probeta 50 ml
- Pinza de metal

#### **Reactivos:**

- Sulfato de magnesio 0.5 M
- Yoduro de potasio 0.5 M
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Ácido clorhídrico 0.1 N
- Tiosulfato de sodio 0.1 N

#### **Metodología:**

- 1.- Realizar una solución 0.5 M de sulfato de magnesio en agua destilada y otra solución 0.5 M de yoduro de potasio, diluida en NaOH al 0.1 N.
- 2.- Mezclar 15 ml de cada una de las sustancias en un matraz erlenmeyer de 250 ml, esto se realizó por duplicado.
- 3.- Una de las mezclas se titula con tiosulfato de sodio 0.1 N como blanco agregándole 22.5 ml de HCL al 0.1 N.
- 4.- Cortar un círculo del recubrimiento comestible del tamaño del dispositivo de vidrio, se mide su diámetro y grosor y se coloca entre los tubos, cerrando herméticamente con el empaque y la pinza de metal.
- 5.- Abrir la válvula del manómetro que corresponde al nitrógeno y cerrar la que corresponde al oxígeno.
- 6.- Abrir la válvula de paso y la válvula reguladora hasta el número uno, de la tubería de nitrógeno por un minuto, sin colocar el matraz con la mezcla de soluciones con el fin de drenar el agua de la tubería.
- 7.- Colocar el matraz con la mezcla y abrir la válvula reguladora del nitrógeno hasta llegar a 40 psi dejar por 5 minutos, para estabilizar el sistema y drenar el aire del matraz.

8.- Sin cerrar la válvula de paso del lado del nitrógeno, cerrar la válvula del manómetro que corresponde al nitrógeno y abrir la que corresponde al oxígeno.

9.- Abrir la válvula del oxígeno y abrir paulatinamente el flujómetro con el fin de llegar a 40 psi del lado de oxígeno. (Si la presión no es suficiente abriendo al máximo la válvula del flujómetro, se cierra un poco la válvula del tubo de escape del lado del oxígeno). Dejar por 40 minutos.

10.- Cerrar las válvulas de paso y retirar el matraz y agregar 22.5 ml de HCL al 0.1 N, para ser titulado con tiosulfato de sodio.

11.- Una vez liberada la presión del sistema cerrar todas la válvulas, excepto por la válvula del tubo de escape del lado del oxígeno, dejar abierta al máximo.

12.- Reportar la permeabilidad al oxígeno, conociendo que cada cuatro moles de tiosulfato representa uno de oxígeno disuelto.

La imagen 4 representa el proceso de la transferencia de oxígeno en el quipo.

Se calculó la permeabilidad con la siguiente fórmula:

$$PO_2 = \frac{m * d}{A * t * \Delta P}$$

Ec. (1)

Dónde:

m= masa de O<sub>2</sub> (g) a través del recubrimiento después de restado el blanco

d= espesor del recubrimiento (m)

A= área del recubrimiento (m<sup>2</sup>)

t= tiempo (min.)

ΔP= diferencia de presión de O<sub>2</sub> (atm)

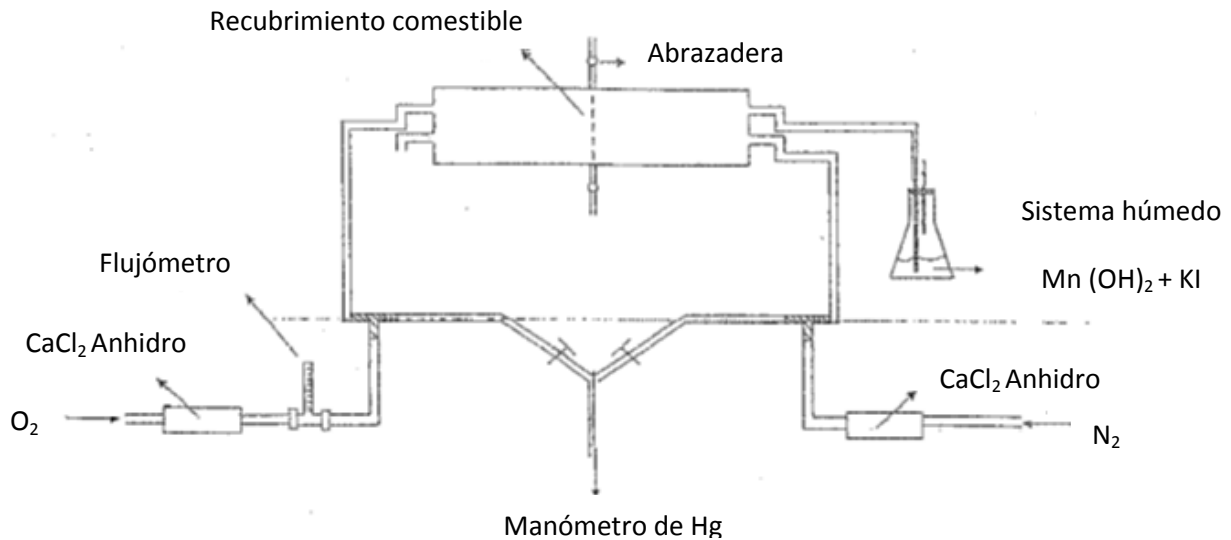


Imagen 4: Medición de la transferencia de oxígeno.

### 5.3 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE

#### 5.3.1 Fuerza de fractura

Las propiedades mecánicas evaluadas fueron la dureza y la resistencia a la ruptura del recubrimiento.

#### Equipo:

- Lloyd modelo TA 500

#### Materiales:

- Punta esférica 0.5 cm de diámetro de acero inoxidable

#### Procedimiento:

Se colocaron muestras del recubrimiento cortados de forma circular con un diámetro de 2.5 cm., en 2 placas de contornos de acrílico, de manera que el área de penetración estuviese tensa y firme. Una punta esférica de 0.5 cm de diámetro de acero inoxidable se utilizó para penetrar el recubrimiento a una velocidad de 2 mm/s; se obtuvo una curva de fuerza contra distancia en la cual se observó una fuerza de ruptura que es el punto en el cual el recubrimiento fue penetrado por la punta y una elongación a la ruptura que es la distancia máxima a la cual el recubrimiento fue penetrado, los resultados se reportaron en  $\text{kfg/mm}^2$  y mm respectivamente.

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

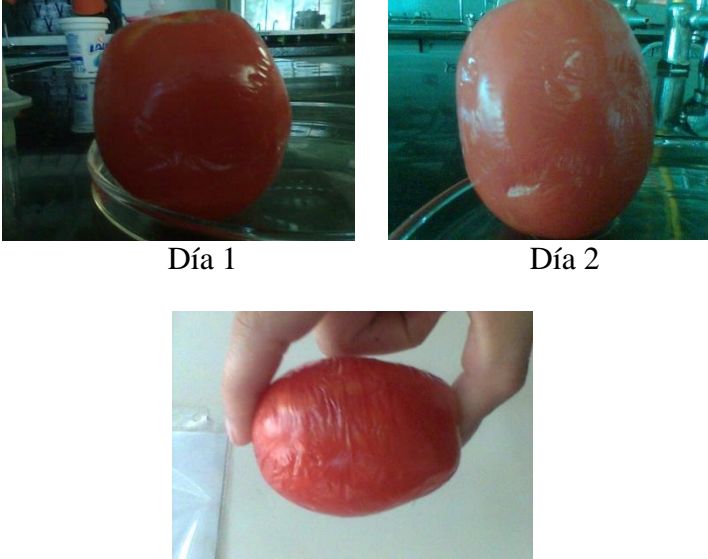
---

#### 3.1 SELECCIÓN DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE.

La formulación del recubrimiento se seleccionó con base en los cambios que sufrió el jitomate sobre su superficie después de la aplicación del recubrimiento; esto se realizó con cada formulación.






A continuación se describen los cambios con cada formulación.

**Tabla 7: Formulación 1; alginato de sodio (2%); °T ambiente.**

Observaciones	Imágenes
<p>Se presentó a partir del día 1 y se incrementó en los días subsecuentes.</p> <p>Se observaron lesiones en la superficie del jitomate a partir del día 1; El recubrimiento tuvo adherencia a la superficie del jitomate.</p>	 <p>Día 1</p> <p>Día 2</p> <p>Día 3</p>

El carácter hidrofílico del alginato de sodio absorbió la humedad del medio (Badui, 1990) y afectó el proceso de transpiración del fruto; a una temperatura ambiente (25°C aproximadamente) la humedad fue baja provocando que el recubrimiento absorbiera la humedad del alimento haciendo que la superficie del jitomate se arrugara por lo que fue descartada.

**Tabla 8: Formulación 2; alginato de sodio (2%) + Glicerol (4%); °T ambiente.**

Observaciones	Imágenes	
<p>Se presentó una ligera deshidratación a partir del día 3; al día 5 se conservó su misma apariencia; al día 8 el recubrimiento ocasionó deshidratación en la superficie del jitomate, se observó una pérdida de peso; al día 12 ya presentó excesiva deshidratación.</p>		
<p>Se observaron lesiones en la superficie del jitomate a partir del día 3, al día 12 el jitomate presentó hundimiento en su superficie; El recubrimiento tuvo adherencia a la superficie del jitomate.</p>		
		
	<p>Día 12</p>	


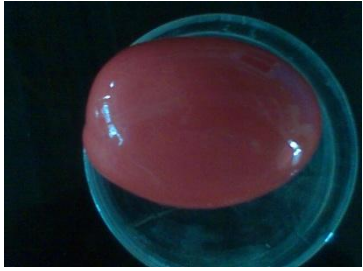




Como se menciona en la tabla 8 al 12vo día el jitomate presentó deshidratación excesiva ya que se observó que el jitomate había perdido peso por la pérdida de agua que le causaba el recubrimiento.

Según lo reportado por Ventosa (2011), se realizaron pruebas en jitomates con un recubrimiento de alginato de sodio al 2 % adicionándole glicerol al 1.5 %, en el cual reportan pérdidas de materia prima por lesiones causadas en el tejido del jitomate por deshidratación por un periodo de 17 días; sin embargo se recomendó utilizar una

concentración más alta de glicerol y combinándolo con *Aloe Vera* para retardar la maduración del jitomate.

Posteriormente al ver que el recubrimiento no deshidratava al jitomate por un periodo de almacenamiento de 10 días a una temperatura ambiente de aproximadamente 20 °C, se decidió optimizar el almacenamiento del recubrimiento a una temperatura de 7 °C para evaluar el efecto de almacenar el jitomate con el recubrimiento a una temperatura menor, ya que las temperaturas de refrigeración ayudan a la vida útil del fruto, por ser un método de conservación.

**Tabla 9: Alginato de sodio (2%) + Glicerol (4%) °T de 7°C.**

Observaciones	Imágenes	
<p>Al día 3 no se observó deshidratación; al día 5 siguió conservando su apariencia, no se observó pérdida de peso; en los días 8, 10, 12, 14, 16, 18 no presentó cambios; al día 21 la superficie del jitomate presento deshidratación.</p>	 <p data-bbox="743 1087 816 1119">Día 1</p>	 <p data-bbox="1187 1087 1260 1119">Día 3</p>
<p>Se observaron lesiones en la superficie del jitomate a partir del día 21.</p>	 <p data-bbox="735 1486 808 1518">Día 5</p>	 <p data-bbox="1187 1486 1260 1518">Día 8</p>
	 <p data-bbox="727 1816 808 1848">Día 14</p>	 <p data-bbox="1211 1816 1292 1848">Día 21</p>



Se tiene reportado que los recubrimientos comestibles a base de polisacáridos (quitosano, alginato y gomas) reducen la tasa de respiración y la producción de etileno en frutos y se da una madurez tardía en el fruto (Ghaouth *et al.*, 1992), esto provoca que el jitomate madure lentamente, esto se observó visualmente con los cambios de color que presentaba la superficie desde un rojo tenue (días 5, 8), hasta un rojo intenso (día 14, 21) como se observa en la tabla 9.

El alginato de sodio favorece a la estabilidad del recubrimiento ya que al estar en un medio donde hay mucha humedad, absorbe dicha humedad y forma puentes entre los cationes del ácido  $\beta$ -D Manurónico del alginato de sodio y de los iones calcio obteniendo un gel flexible y elástico (Lupo Pasini, González Azón, Maestro Garriga, 2012).

Se detuvo el monitoreo del jitomate a las primeras lesiones ya que probablemente esto llevaría a que en los días subsiguientes, las lesiones en la superficie del jitomate permitieran a microorganismos desarrollarse como lo hace mención Muller (1981), reportando que las lesiones sobre la superficie del fruto (hundimientos, cuarteaduras) generan el desarrollo de mohos, que pueden transmitirse a partir del contacto directo de la superficie de un fruto contaminado a un fruto sano o mediante el aire.

Se concluyó que la formulación 2 de Alginato de sodio (2%) + Glicerol (4%); cloruro de calcio (2%), tuvo una efectividad durante un periodo de almacenamiento de 20 días a una temperatura de 7 °C.

**Tabla 10: Formulación 3; Goma guar (0.5%), °T ambiente.**

Observaciones	Imágenes	
<p>Al día 2 se observaron arrugas en la superficie del jitomate, al día 6 se presentó deshidratado en la superficie y se incrementó en los días subsiguientes.</p> <p>Las lesiones se presentaron a partir del día 2 y se intensificaron en los días posteriores, el jitomate presentó pérdida de peso.</p>	 <p data-bbox="792 1707 862 1738">Día 2</p>	 <p data-bbox="1214 1707 1284 1738">Día 8</p>






Como se observa en la tabla 10 la formulación no presentó una buena adhesión a la superficie del jitomate según Cubero et. al (2002) su naturaleza sin carga y no iónica de la goma guar no formó enlaces con el cloruro de calcio, a altas concentraciones de iones calcio se forman interacciones fuertes y estables.

Al 8vo día la deshidratación de la superficie era excesiva, las lesiones sobre la superficie y el tejido del fruto permitieron que los mohos tuvieran acceso a los nutrientes del jitomate y por lo tanto se desarrollaron.

Se concluyó que la formulación empleada de goma guar (0.5%) con cloruro de calcio (0.3%) ya que el jitomate presentó cambios (arrugas) en su superficie muy rápido, por lo tanto el recubrimiento es ineficaz.

**Tabla 11: Formulación 4; Alginato de sodio (2%) + Gelatina (0.5%) + Glicerol (2%); °T ambiente.**

Observaciones	Imágenes	
Al día 2 mostró signos de deshidratación, al día 6 la deshidratación fue mayor, al día 8 el deshidratado siguió.		
Las lesiones se presentaron durante el día 2 y fueron aumentando en la superficie del jitomate en los días subsecuentes.	<div data-bbox="740 1266 813 1297">Día 2</div> <div data-bbox="1170 1266 1243 1297">Día 6</div> <div data-bbox="766 1346 1135 1621"></div> <div data-bbox="937 1631 1010 1663">Día 8</div>	

La interacción macromolecular de la mezcla entre el alginato de sodio y la gelatina (proteína) puede afectar las propiedades de dichos productos, ya que puede dar lugar a interacciones inestables donde la mezcla de biopolímeros tiende a la segregación alternativamente la mezcla de polisacárido y proteína puede contribuir entre otros factores

al mejoramiento de la estabilidad, textura, propiedades funcionales y vida útil condicionando a factores como el pH y la fuerza iónica debido a las cargas positivas de la proteína y las cargas negativas del polisacárido (Gaspoz, 2008).



La mala adhesión de recubrimiento comestible a la superficie del jitomate provocó lesiones, esto fue debido a una mala estabilidad de la gelatina, según lo reportado por Gaspoz (2008) la estabilidad del gel depender de factores como el pH y la fuerza iónica, por encima del punto isoeléctrico de las proteínas y con polisacáridos aniónicos, en general ocurrirán interacciones inestables, mientras que por debajo del punto isoeléctrico ocurrirán interacciones estables.

La gelatina se vio afectada por la fuerza iónica de las cargas de los iones calcio, como resultado fue una matriz inestable y poco adherible a la superficie del jitomate, esta poca adherencia se debió al carácter hidrofílico del alginato de sodio que no alcanzó a formar interacciones suficientes para adherirse completamente al jitomate (Badui, 1990).

El crecimiento de mohos era evidente en algunas partes de la superficie del jitomate durante los días de observación, a causa de la mala adhesión del recubrimiento.

Por lo tanto la formulación utilizada no sirve porque afecta en forma importante el aspecto del jitomate durante largos periodos de almacenamiento a una temperatura de 25 °C aproximadamente, además que el volumen del jitomate se ve seriamente reducido por la pérdida de humedad a causa del recubrimiento.




**Tabla 12: Formulación 5; Alginato de sodio (2%) + Gelatina (0.5%) + Glicerol (4%); °T ambiente.**

Observaciones	Imágenes	
Día 1; el recubrimiento se aplicó si dificultad, presentó buena adherencia, del día 6 en adelante mostró signos de deshidratación, su volumen se redujo, del día 6 al día 8 la superficie del jitomate mostraba lesiones significativas.	 <p data-bbox="870 1776 943 1806">Día 1</p>	 <p data-bbox="1195 1776 1268 1806">Día 6</p>

Los cambios que presentó la formulación con respecto a retardar la deshidratación en el jitomate fue a causa de aumentar la concentración de glicerol a un 4%, esto ayudó a que el alginato de sodio interaccionara con la humedad del jitomate por su carácter hidrofílico, Gaspoz (2008) hace mención a 2 fenómenos de desestabilización en un gel y que afectan a la homogeneidad de estos que es la migración de partículas y la variación del tamaño de partícula.

El aumento y la interacción del glicerol con la dispersión provocó un cambio en el pH de la dispersión trayendo como consecuencia la disminución del número de cargas del alginato de sodio, Gaspoz (2008) informa que para tener una dispersión estable se necesitan más cargas de proteína para poder neutralizar las cargas del polisacárido, dando así una relación optima entre la proteína y el polisacárido tras neutralizar el mayor número de cargas del alginato de sodio. Así la gelatina evitó ser afectada por la fuerza iónica del alginato de sodio dando un gel estable y que al final tuvo buena adherencia sobre la superficie del jitomate. El jitomate presentó deshidratación, por la apariencia que presentó el jitomate al final del monitoreo se descartó ya que le proporciona al jitomate una apariencia con daños superficiales, por el arrugamiento que hubo a partir del sexto día.

**Tabla 13: Formulación 6; Alginato de sodio (2%) +Goma guar (0.5%) + Glicerol (2%); °T ambiente**



Observaciones	Imágenes	
<p>Al día 1 no presentó cambios la superficie del jitomate, la adherencia que presentaba sobre la superficie no fue buena ya que resbalaba mucho; al día 6 el jitomate mostraba signos de deshidratación y hubo pérdida de peso.</p> <p>Se mostraron lesiones físicas en su superficie, y zonas en donde la pudrición empezaba a hacerse presente.</p>		
	<p>Día 1</p>  <p>Día 8</p>	<p>Día 6</p>

Según investigaciones la adhesión del recubrimiento a base de goma guar es pobre en concentraciones bajas (menores a 1 %), a concentraciones altas se obtienen recubrimientos con mayor consistencia y buena adherencia a la superficie (Meza, 2006).

Las interacciones entre la goma guar y el alginato de sodio se vieron afectados por la concentración de cloruro de calcio ya que la carga iónica del calcio no interactuó con los grupos funcionales de la goma guar ya que por la naturaleza de la molécula no cuenta con carga, la matriz del recubrimiento no presentó una estructura fija por no formar enlaces iónicos y por lo tanto no se fijó bien a la superficie (Badui, 1990). La apariencia se vio seriamente afectada a causa de la deshidratación, el recubrimiento no logró adherirse adecuadamente a la superficie del jitomate, además que los daños físicos se hicieron presentes, haciendo que el jitomate se hundiera de la parte superior, esto favoreció al crecimiento de mohos.

En conclusión se puede decir que en esta formulación del recubrimiento causó daños en la superficie del jitomate dañando los tejidos del fruto permitiendo que los mohos crecieran y tuvieran acceso a los nutrientes del jitomate y por lo tanto se desarrollaran.

**Tabla 14: Formulación 7: Alginato de sodio (2%) +Goma guar (0.5%) + Glicerol (4%); °T ambiente.**




Observaciones	Imágenes
A los días 1 y 2 el jitomate no presentó cambios sobre su superficie (lesiones y deshidratación).	
Al día 6 el jitomate presentó deshidratación en la superficie del jitomate.	<p style="text-align: center;">Día 1 <span style="margin-left: 200px;">Día 6</span></p>
Al día 8 el jitomate presento excesiva deshidratación y perdió peso.	 <p style="text-align: center;">Día 8</p>

Al duplicar la concentración de glicerol (4%), provocó un interaccionó de mayor fuerza con el alginato de sodio otorgándole al recubrimiento una buena adherencia y así poderse adherir a la superficie del jitomate, además de que evitó que en los primeros días el jitomate no perdiera humedad por el efecto humectante del glicerol.

Al estar en contacto con los iones calcio, la mezcla de alginato de sodio y goma guar se degradó debido al pH bajo de la disolución, según las fichas técnicas de la goma guar, las disoluciones con este polisacárido son estables en un rango de pH de 4 a 10 pero a valores más bajos de pH las disoluciones tienen degradaciones importantes, se dedujo que se degradó ya que no se midió el pH final de la disolución.

En conclusión podemos decir que la formulación es ineficiente para ya que al igual que en todos los experimentos realizados, el recubrimiento deshidrata la superficie del jitomate significativamente y en algunos casos puede conllevar el crecimiento de microorganismos en la superficie del jitomate.

**Tabla 15: Formulación 8: Alginato de sodio (2%) + Pectina (2%) + Glicerol (2%); °T ambiente.**

Observaciones	Imágenes	
<p>Al día 1 el recubrimiento no presentó buena adherencia sobre la superficie del jitomate. Al día 2 la superficie del jitomate presentó deshidratación. Al día 6 la superficie del jitomate presentó daños físicos significativos, el hundimiento de la superficie y la pérdida de volumen y peso era evidente.</p>		
	Día 1	Día 2
		
	Día 6	




Estudios realizados por Meza (2006), indican que los recubrimientos a base de pectina son de mala adherencia en concentraciones bajas.

Las cargas anionicas de la pectina forman interacciones con el agua al mismo tiempo que el alginato, pero sin verse afectadas una de la otra, ya que la pectina reacciona con iones calcio provocando la cohesión entre las cadenas moleculares de la pectina inducidas por el descenso de la temperatura de la dispersión de pectina (Cubero N. *et. al*, 2002).

El recubrimiento perdió estabilidad muy rápido por la temperatura a la cual se mantuvo almacenado, al igual que el alginato la pectina es hidrofilia, al tener una humedad baja en el medio, el recubrimiento absorbió la humedad del jitomate, provocando que este se deshidratara con rapidez a consecuencia del alginato y de la pectina.

Se llegó a la conclusión de que esta formulación deshidrató al jitomate en un periodo de 2 días y por lo tanto quedó descartado.

**Tabla 16: Formulación 9: Alginato de sodio (2%) + Pectina (2%) + Glicerol (4%); °T ambiente.**

Observaciones	Imágenes
<p>Al día 1 el recubrimiento no presentó problema al adherirse a la superficie.</p> <p>Al día 2 la superficie del jitomate ya presentaba deshidratación y hundimientos.</p> <p>Al día 6 casi toda la superficie del jitomate presentaba arrugas y deshidratación, fue evidente la pérdida de peso ya que se pudo observar con facilidad.</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Día 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Día 2</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>Día 6</p> </div>

Se concluyó que por la misma razón del carácter hidrofílico de los 2 compuestos, el recubrimiento absorbió la humedad del jitomate, por la baja humedad que presentaba el medio donde fue almacenado y fue por eso que se deshidrato muy rápido (día 2), descartando la formulación para eventos posteriores.

Al final de esta etapa se decidió por tomar la formulación 2 de **Alginato de sodio (2%) + Glicerol (4%) y cloruro de calcio (2%)**, ya que fué la que presentó un efecto positivo en el jitomate almacenado a una temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C), el color se resaltaba, la deshidratación no era tan evidente debido a las interacciones formadas por el alginato y la superficie del jitomate, esto se sustentó a los trabajos presentados por Olivas y Barbosa-Canovas (2005) donde demuestran que una alta capacidad de adhesión es debido a las fuerzas iónicas y a la interacción del polisacárido y el agua aseguran una durabilidad larga del recubrimiento, además que evitó el crecimiento de mohos sobre la superficie del jitomate, así mismo también presentó las mismas características positivas almacenado a una temperatura de almacenamiento de 7 °C volviendo al jitomate un producto inocuo para el consumidor. Teniendo seleccionada la formulación se prosiguió a realizar las caracterizaciones fisicoquímicas, microbiológicas y mecánicas.

## 3.2 CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLES.

### 3.2.1. Prueba *in vitro*.

Los resultados de la inhibición de diferentes concentraciones del antimicrobiano frente a *Salmonella spp* con un inóculo del  $85 \times 10^7$  se observan en la imágenes 5, 6, 7, 8 después de 24 horas de la incubación a 37 °C.

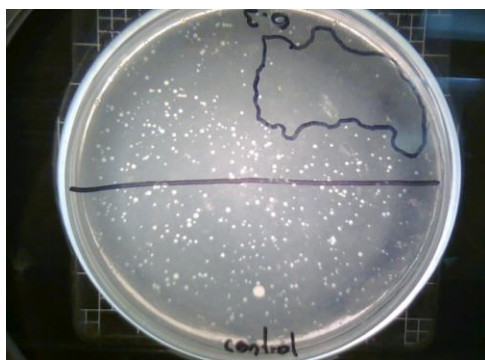


Imagen 5: Efecto inhibitorio de antimicrobiano a 2000 ppm frente a *Salmonella spp*.

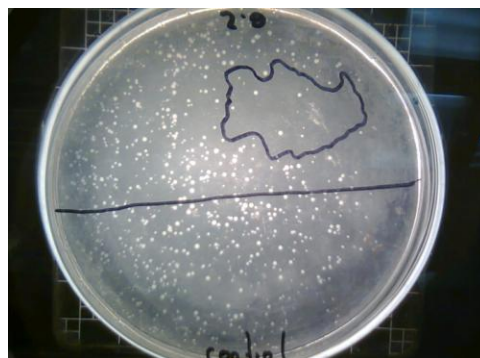


Imagen 6: Efecto inhibitorio de antimicrobiano a 3000 ppm frente a *Salmonella spp*.

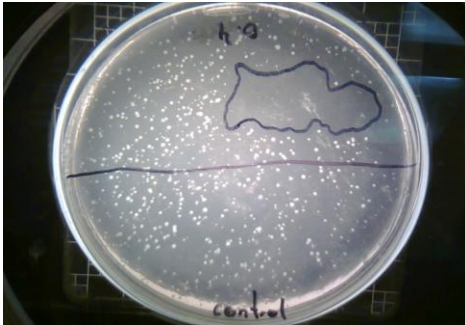


Imagen 7: Efecto inhibitorio de antimicrobiano a 4000 ppm frente a *Salmonella spp.*

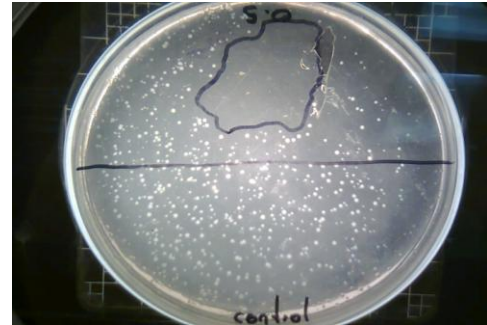


Imagen 8: Efecto inhibitorio de antimicrobiano a 5000 ppm frente a *Salmonella spp.*

En las imágenes 5, 6, 7, 8 se observa el halo de inhibición mediante el área marcada con un contorno negro; Observándose que a medida de que la concentración de antimicrobiano incrementaba, el crecimiento microbiano se reducía, partiendo de 2000 ppm hasta llegar a la concentración de 5000 ppm donde el área marcada de contorno negro no presentaba crecimiento de colonias del microorganismo, como se observa en la imagen 8.

### 6.3.2 Prueba *in vivo*

Para la prueba *in vivo* se obtuvo el promedio del crecimiento o inhibición de las 5 pruebas realizadas, mostrándose en la siguiente tabla, cabe señalar que las pruebas de jitomates que tienen un signo positivo (+) muestran el crecimiento que hubo después de la incubación y las muestras que tienen un signo negativo (-) muestran la inhibición del microorganismo ante el recubrimiento antimicrobiano (Se clasificaron los grupos de la misma manera que en el punto 8 de la metodología 5.4.2 del presente trabajo):

Tabla 17: Promedio del crecimiento y/o inhibición de los jitomates en la prueba *in vivo*.

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Prueba 1	(-)	(+)	(+)	(-)
Prueba 2	(-)	(+)	(+)	(-)
Prueba 3	(-)	(+)	(+)	(-)
Prueba 4	(-)	(+)	(+)	(-)
Prueba 5	(-)	(+)	(+)	(-)



Se detectó el efecto bactericida del recubrimiento antimicrobiano donde la *Salmonella spp.* fue inhibida al 100% en las muestras de jitomate que tenían el recubrimiento antimicrobiano, confirmando el efecto bactericida del recubrimiento.

En los controles del microorganismo y del recubrimiento + microorganismo sin el agente antimicrobiano **Bioxitral Líquido V02L** hubo crecimiento, mientras que en los controles de jitomate no hubo crecimiento en el caldo BHI ni después de haberse sembrado en agar TSA.

A continuación se muestran las cepas de salmonella sembradas de las corridas 1, 2, 3, 4 y 5 de la prueba *in vivo*:

- **Grupo 1: Jitomate (control)**

Se realizó la siembra de 12 jitomates en caldo BHI, de los cuales las siembras de los jitomates del grupo 1 no presentaron crecimiento microbiano, cabe señalar que los jitomates fueron lavados y desinfectados para evitar la contaminación de cualquier agente que modificara el resultado.

Se aseguró la técnica de lavado y desinfección para el jitomate y así evitar el crecimiento de algún microorganismo y tener una comparación con los demás grupos realizados.

Lo dicho según la COFEPRIS, el lavado y desinfección de frutas y verduras ayuda a mantener la inocuidad del alimento, ya que es un punto crítico a monitorear, un mal lavado y/o desinfección de la fruta y/o verdura puede provocar severos daños contra la salud humana causado por agentes patógenos.

- **Grupo 2: Microorganismo (control).**

En comparación con el anterior grupo, se sembró el microorganismo en el jitomate después de haberse lavado y desinfectado correctamente para asegurar la eliminación de cualquier otro microorganismo que haya estado en la superficie del jitomate.

Se observó el crecimiento de la *Salmonella spp* mediante un sedimento de color blanco en el fondo del tubo de ensayo, el medio tomó una apariencia turbia, los tubos fueron incubados a 37 °C por un tiempo de 12 horas al igual que el anterior grupo.

- **Grupo 3: Microorganismo + Recubrimiento (control).**

A los jitomates del grupo 3 se les colocó la *Salmonella spp* en la superficie del jitomate como lo describe el punto 9 la metodología 5.4.2 para posteriormente colocarle el recubrimiento sin el compuesto antimicrobiano y así observar si el recubrimiento inhibía el crecimiento de la *Salmonella spp*

Los estudios realizados por Oms–Oliu *et al.* (2008) demuestran que el alginato de sodio y el glicerol no presentan propiedades antimicrobianas.

Los grupos 1 y 2 se compararon con el grupo 3 que contenían a la *Salmonella spp.* y al recubrimiento y que durante el periodo de incubación en condiciones de 37 °C por un tiempo de 12 horas presentaron crecimiento microbiano de la *Salmonella spp*, se detectó el crecimiento ya que el caldo BHI tomó una apariencia turbia y con un sedimento blanco, igual a las siembras del grupo 2 donde solo había *Salmonella spp*.

Se concluye que recubrimiento por sí solo no inhibe el crecimiento de desarrollo de microorganismos como es el caso de *Salmonella spp*.

- **Grupo 4: Microorganismo + Recubrimiento antimicrobiano.**

En el grupo 4 se observó que la acción del compuesto antimicrobiano **Bioxitral Liquido V02L** fue eficaz frente a la cepa *Salmonella spp* sembrada en caldo BHI, se lograron contrastar el grupo 4 que contenían el compuesto antimicrobiano contra las siembras que no tenían el compuesto.

El caldo BHI era de una apariencia transparente no había sedimentos en la parte inferior del tubo, no presentaron crecimiento microbiano como en los grupos 2 y 3, si no que la apariencia era igual a la del grupo 1, dando por concluido que la concentración de antimicrobiano utilizada de 5000 ppm junto con el recubrimiento, inhibe el crecimiento de *Salmonella spp*.

Posteriormente se realizó una fase confirmativa para corroborar el crecimiento del microorganismo en todas las siembras.

Teniendo así los siguientes resultados donde se muestran sembradas de la siguiente manera:

- **Grupo 1: Jitomate (control).**

Durante su incubación las cajas sembradas con el jitomate control no se observó crecimiento de algún microorganismo, esto confirmó el correcto tratamiento de lavado, desinfección y manipuleo que se le dió al jitomate así como también se aseguró que durante la prueba *in vivo* el jitomate no fue contaminado por algún agente externo (polvo, suciedad o microorganismo) y poder tener un comparación precisa sobre los demás grupos.

- **Grupo 2: Microorganismo (control).**

Durante la incubación del grupo 2 donde sembró el microorganismo control se observó crecimiento de la cepa de *Salmonella spp.*, aunque no fue 100% comprobable que sea *Salmonella* ya que no se realizaron pruebas bioquímicas para identificar el agente microbiano que creció en las cajas.

Si el crecimiento del microorganismo hubiese sido nulo, esta corrida se hubiese tomado por errónea, y no hubiese habido ningún comparativo.

- **Grupo 3: Microorganismo + Recubrimiento (control).**

Al realizar un comparativo de los anteriores grupos, se observó que aun con el recubrimiento pero sin el agente antimicrobiano hay un crecimiento del microorganismo, se mencionó anteriormente que el polisacárido utilizado en dicho estudio no presenta propiedades bactericidas, estudios realizados por Pastor (2010) en fresas y recubiertas con un recubrimiento a base de polisacáridos demuestran el incremento de colonias del microorganismo sin un agente antimicrobiano en condiciones controladas de almacenamiento.

- **Grupo 4: Microorganismo + Recubrimiento antimicrobiano.**

Los resultados obtenidos de la siembra del recubrimiento con antimicrobiano y microorganismo resultó exitosa, no se observó crecimiento microbiano en ninguna de las 5 corridas del grupo 4.

Cabe señalar que no se colocan imágenes para evitar confusión en los 3 grupos de siembra.

Se ha reportado en la bibliografía que algunos aceites empleados en los recubrimientos comestibles inhiben el crecimiento de microorganismo (Ventosa, 2011), el agente antimicrobiano utilizado **Bioxitral Líquido V02L** está compuesto de ácidos orgánicos (ácido cítrico) y glicerina vegetal, proporcionándole el efecto germicida y antioxidante al compuesto.

Estudios de Cho *et Al.* 2010 demuestran que el agente bactericida **Bioxitral Líquido V02L** inhibe el crecimiento bacteriano, sino que también el crecimiento fúngico fue controlado completamente por el uso de solamente 500 ppm de **Bioxitral Líquido V02L** contra *Penicillium sp.* en frutos de mandarina almacenados a una temperatura de 8°C.

Se confirma que la concentración utilizada para inhibir el crecimiento de la *Salmonella* utilizada en el recubrimiento comestible es efectiva, según su ficha técnica del compuesto antimicrobiano **Bioxitral Líquido V02L** su espectro bactericida es muy amplio y entre los microorganismos a los cuales inhibe su crecimiento, por ejemplo: *Salmonella*, *Klebsiella pneumoniae*, *Shigella dysenteriae*, entre otras.

En estudios realizados por Chung, (2002), sobre el almacenamiento de fresas a una temperatura de 5 °C, el compuesto antimicrobiano **Bioxitral Líquido V02L** retardó el crecimiento de bacterias aerobias, bacterias ácido lácticas y levaduras, además que suprimió la descomposición de los frutos.

En los estudios realizados por Ventosa (2011), demostró la inhibición de algunos microorganismos incluyendo *Salmonella* mediante un agente bactericida de origen natural como es el caso de *Aloe Vera*; se contrastó los resultados con el presente estudio sobre la inactividad de *Salmonella* en el jitomate saladette donde se utilizó **Bioxitral Líquido V02L** de origen natural, como agente antimicrobiano, que inhibió a la cepa de *Salmonella* utilizada, concluyendo que agentes bactericidas de origen natural sean eficientes, esto reducirá el empleo de agentes químicos que afectan la textura del alimento como germicidas y fertilizantes, y así emplear agentes naturales para la inhibición de microorganismos, que constituyen un medio seguro para la salud humana.

### 3.3 VIDA DE ANAQUEL

#### 3.3.1 Pérdida de peso

En el comportamiento de la pérdida de peso se observa que aumenta el porcentaje de la misma a medida que transcurre el tiempo como se muestra en la tabla 20, lo cual es un proceso que se asocia a la maduración (Rodríguez, 2004).

Tabla 18: Pérdida de peso en 3 muestras de jitomate con el recubrimiento antimicrobiano y 3 jitomates control (sin recubrimiento antimicrobiano) a las mismas condiciones.

	Jitomate control 1 (%)	Jitomate control 2 (%)	Jitomate control 3 (%)	Jitomate recubrimiento 1 (%)	Jitomate con recubrimiento 2 (%)	Jitomate con recubrimiento 3 (%)
Día 1	0	0	0	0	0	0
Día 3	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Día 5	0.7	0.6	0.8	0.2	0.1	0.1
Día 7	0.9	0.8	0.9	0.2	0.1	0.2
Día 9	1	1.1	1.1	0.3	0.2	0.2
Día 11	1.1	1.3	1.4	0.4	0.4	0.4
Día 13	-	-	-	0.6	0.6	0.6
Día 15	-	-	-	0.8	0.8	0.9
Día 17	-	-	-	1.1	1	1.1
Día 19	-	-	-	1.2	1.2	1.3
Día 21	-	-	-	1.2	1.4	1.5

El agente plastificante incrementa la difusividad térmica y la permeabilidad de los gases y vapores a través del recubrimiento (Maté y Krochta, 1996). Estos resultados concuerdan con los encontrados por Buonocore et. al (2005) quienes encontraron que los recubrimientos de alginato tuvieron mayores resultados de permeabilidad al oxígeno donde se compararon con otros recubrimientos de zeína, caseína y quitosan, por lo que se debían esperar pérdida de peso menores, la tabla 20 presenta cuanto tiempo se monitorearon los jitomates, los jitomates control se dejaron de monitorear hasta el día 11 ya que a partir del día 13 el jitomate presentó signos de descomposición, mientras que los jitomates con el recubrimiento comestible siguieron sin ninguna alteración hasta el día 22 donde se dejó de monitorear por la presencia de crecimiento bacteriano.

### **3.3.2 Apariencia Externa**

La apariencia externa del jitomate con el recubrimiento más el antimicrobiano durante su almacenamiento no tuvo diferencia que haya sido perjudicial para la calidad organoléptica del jitomate; el jitomate se conservó de manera íntegra y lisa, sin hundimientos y sin crecimiento de mohos.

## **3.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE.**

### **3.4.1 Ángulo de contacto**

Los resultados arrojados de la prueba para obtener el ángulo de contacto con respecto a la formulación seleccionada son nulos, ya que al dejar caer la gota de agua sobre el recubrimiento, formaba un ángulo de cero grados, debido a que el recubrimiento probablemente sea altamente permeable al agua, por lo tanto cuando cayó la gota sobre el recubrimiento, este absorbió la gota haciendo imposible la lectura del ángulo.

La fuerza que se forman de los enlaces ayuda a la estructura del recubrimiento a mantenerse estable y así poder absorber humedad del medio por el alginato de sodio y su propiedad hidrofílica, a consecuencia de esto al colocar la gota en la superficie del recubrimiento este la absorbió, haciendo que este deje pasar humedad al jitomate.

Se dice que el líquido moja al sólido cuando el ángulo formado es menor que  $90^\circ$ , al contraste se dice que cuando el líquido no moja al sólido es cuando el ángulo formado es mayor de  $90^\circ$ , para el caso del recubrimiento esto no es favorable ya que puede solubilizar el recubrimiento y disolverse en la superficie del jitomate (Rodríguez, 2010).

Existe un gran número de parámetros que afectan al ángulo de contacto. Muchos de ellos están motivados la tensión superficial y otros parámetros que son debidos a las características propias del sistema en estudio.

Se utilizó agua a una temperatura de  $5^\circ\text{C}$  aproximadamente, ya que según (Rodríguez, 2010), las condiciones de operación afectan significativamente el resultado, así como también la naturaleza del sistema en estudio, ejemplo: las concentraciones del polisacárido utilizado, entre otras.

### 3.4.2 Transferencia de oxígeno.

La transferencia de oxígeno se midió mediante el gasto de tiosulfato de sodio al 0.1 N al momento de la titulación, donde se obtuvieron gastos de tiosulfato de sodio de 2.2 ml, 2.5 ml y 2.3 ml con respecto al recubrimiento seleccionado.

Posteriormente los datos del gasto de tiosulfato de sodio al 0.1 N se trataron mediante el cálculo de transferencia de oxígeno dada por la Ec. (1), utilizada por Aryanci, (2002), obteniendo así la permeabilidad del recubrimiento comestible por medio de la Ec. (1)

$$PO_2 = \frac{m * d}{A * t * \Delta P}$$

Dónde se tiene que:

m= masa de O<sub>2</sub> g

d= 0.025m

A= 25.1674 m<sup>2</sup>

t= 20 minutos

ΔP= 20 psi = 1.36 atm

Para la masa de oxígeno a utilizar se obtuvo una diferencia del blanco previamente calculado (0.00012 gr\*mol) al gasto de tiosulfato de sodio.

Por lo tanto se obtuvieron los siguientes resultados ya sustituidos en el cálculo de la transferencia de oxígeno dada por la Ec. (1):

Tabla 19: Permeabilidad al oxígeno que presentó el recubrimiento.

Permeabilidad al oxígeno (g /m * min * atm)	8.0344 x10 <sup>-9</sup> , muestra 1
	9.1300 x10 <sup>-9</sup> , muestra 2
	8.3996 x10 <sup>-9</sup> , muestra 3
Promedio	8.5213 x10 <sup>-9</sup>
Des. Estándar	5.5782 x10 <sup>-10</sup>
C.V.	0.1527

La función de los recubrimientos comestibles en alimentos es para reducir la migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, o cualquier soluto, así como también inhibir el

crecimiento de microorganismos, retrasar las reacciones enzimáticas y reducir el daño físico sin afectar la calidad del alimento (Ayranci, 2003).

La matriz del recubrimiento está formada por los grupos  $\text{COO}^-$  y  $\text{OH}$  del alginato de sodio unido a iones calcio, el espacio intermolecular que hay entre las moléculas de alginato se reduce atrapando moléculas como las del agente antimicrobiano haciendo más reducido este espacio (Lupo *et.al*, 2012).

Cuando se realizó la prueba pasó una pequeña cantidad de aire por los espacios reducidos que existen entre las moléculas como se muestra en la tabla 17, permitiendo así que cuando el recubrimiento sea aplicado a la superficie del jitomate le permitiera respirar y madurar lentamente.

Los enlaces que atraparon a las moléculas del agente antimicrobiano fueron dando un lugar más abierto en la matriz del recubrimiento permitiendo el paso de una mayor cantidad de  $\text{O}^2$ , debido a que la composición del agente antimicrobiano contiene aceites, probablemente para estudios posteriores se recomiende el uso de un agente emulsionante.

La tasa de transferencia de oxígeno reduce la respiración del jitomate y senescencia es más lenta, además, la temperatura a la que se almacenó ( $7^\circ\text{C}$ ) reduce su respiración aún más, por lo tanto a tener una tasa de transferencia de oxígeno muy baja ayudó a mantener parámetros sensoriales como el color y la apariencia externa.

### **3.5 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE.**

#### **3.5.1 Fuerza de fractura.**

Durante la prueba se obtuvo un promedio de datos de fuerza de fractura de  $2.417 \text{ kgf/mm}^2$ , no se comparó ningún dato bibliográfico ya que las condiciones de trabajo son diferentes a cualquier prueba realizada.

Según Lupo *et.al*, (2012) las características mecánicas de un gel son gracias a la distribución de los monómeros de la cadena polimérica del polisacárido así como también la carga y el volumen de los grupos carboxilos, esto depende del contenido de ácido  $\beta$ -D gulurónico y ácido  $\beta$ -D manurónico en la estructura del alginato de sodio proporcionando así que si hay más cantidad de ácido  $\beta$ -D gulurónico se formara un gel fuerte y frágil, sin



embargo si hay más cantidad de ácido  $\beta$ -D manurónico se obtendrá un gel suave y flexible, además de la adición de iones calcio que ayudaron a la cohesión de las moléculas de alginato.

Estudios realizados por Lupo *et.al*, (2012) sobre la evaluación de las propiedades mecánicas de recubrimientos comestibles a base de alginato y glicerol, concluye que la presencia de glicerol fue esencial para la resistencia y elongación de la película, mientras que adicionar iones calcio los recubrimientos se vuelven más frágiles y quebradizos, y es por eso que la relación entre el cloruro de calcio es más pequeña (2%) en comparación con la del glicerol (4%).

## CONCLUSIONES

---

- La formulación de alginato de sodio al 2%, glicerol al 4 % resaltó el color sobre la superficie de los jitomates dándoles un rojo intenso visiblemente aceptable, cabe mencionar que también redujo la maduración del jitomate dándole una superficie firme al tacto almacenado a una temperatura de 7 °C, por lo tanto fue elegida para el estudio del efecto del agente antimicrobiano.
- El ángulo de contacto del agua sobre el recubrimiento fue de cero grados, lo que implica alta afinidad al agua por el carácter hidrofílico del recubrimiento lo que puede indicar que no será una buena barrera al agua, probablemente a la alta permeabilidad del mismo.
- La tasa de transferencia de oxígeno del recubrimiento antimicrobiano permitió madurar al jitomate, esto favorece el almacenamiento del mismo, ya que así el recubrimiento se puede aplicar en diferentes etapas de madurez del jitomate.
- La formulación del recubrimiento seleccionado presentó una buena adherencia a la superficie del jitomate.
- El recubrimiento antimicrobiano tuvo un efecto positivo al disminuir la pérdida de peso y retardar el ablandamiento de los jitomates e inhibió completamente a la cepa de *Salmonella spp.* sin afectar el aspecto físico.
- La formulación del antimicrobiano desarrollado en este trabajo inhibió el desarrollo total de la *Salmonella*, lo que constituye un hallazgo importante y podría ser empleado a nivel comercial para disminuir las pérdidas post cosecha de productos hortofrutícolas y rechazos al exportar jitomate con agentes patógenos.

Al final de la etapa experimental se cumplieron todos los objetivos planteados, además de alcanzar el objetivo principal que era la conservación de la inocuidad del jitomate saladette por medio de un recubrimiento.

Se recomienda:

- Ampliar el campo de aplicación del recubrimiento a otras verduras o inclusive frutas.

- Utilizar el antimicrobiano con diferentes polisacáridos para evaluar el efecto a obtener.
- Almacenar los productos recubiertos a diferentes temperaturas (temperaturas de refrigeración, congelación y ambientes).

## BIBLIOGRAFIA

- Andres, C. 1984. Natural edible coating has excellent moisture and grease barrier properties. *Food Processing* 45(13): 48-49.
- Aryanci E. & Tunc S., 2002. A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible film to reduce grade of oxidative reaction on fresh food. *Food chemistry*, 80, 423-431.
- Aydt P.T., Curtis W., Testin F. R., 1991. Mechanical and barrier properties of edible corn and wheat protein films. *Biological Systems Engineering*, University of Nebraska-Lincoln.
- Badui S., 1990. *Química de los alimentos*, Editorial Alhambra Mexicana S.A. de C.V., Mexico.
- Buonocore, G.G.; Conte, A. y Del Nobile, M.A, 2005. Use of a Mathematical Model to Describe the Barrier Properties of Edible Films. *J. Food Sci.*, 70(2): 142-147.
- Cubero N., Monferrer A., Villalta J., 2002. *Aditivos alimentarios*, Mudi-Prensa Ediciones, España.
- Chung, S.K.; Cho, S.H. y Lee, D.S., 2002. Effect of antimicrobial packing films on the keeping quality of strawberries, Department of food science and technology.
- Cho, S.H., Lee, H.C., Seo, I.W., Kim, Z.U., Chang, Y.S., Shin, Z.I., 2010. Efficacy of Biocitrol in the preservation of *Satuma mandarin*, Department of food science and technology, Gyeongsang National University.
- Dávila, J. E. de J., Villa, R. J., Cruz, V. R., Rodríguez, A. M., Espinoza, D. M., Ayala, Z. J. F., 2011. Effect of edible coatings, storage time and maturity stage on overall quality of tomato fruits, *American Journal of Agricultural and Biological Science* 6(1): 162-171 2011.
- Denyer S.P., G.S.A.B. Stewart, 1998. Mechanisms of action of disinfectants, *International Biodeterioration & Biodegradation* 41 (1998) 261-268, Department of Pharmacy, University of Brighton, Lewes Road, 29.
- Donhowe, I.G.; Fennema, O. 1994. Edible and coatings: Characteristics, formation definition, and testing method. En "Edible coatings and films to improve food quality". Editado por Krochta, J., Baldwin, E. y Nisperos-Carreido M. Ed. Technomic Publishing Co. Estados Unidos.
- EROSKI CONSUMERS, 2008. Seguridad Alimentaria. Disponible en: <<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2008/06/30/178140.php>>.

- FAO, 2002 Food insecurity: when people must live with hunger and fear starvation. Disponible en: < ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y7352e/>.
- FAO, 2010 Producción de productos agrícolas. Disponible en: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=es>.
- Gazpoz J. 2008. Diseño de biomateriales por coacervación de proteínas de suero lácteo y alginato de sodio: efecto del pH y fuerza iónica. Universidad Nacional del Litoral,
- Gentry, R.W., Layton, A.C., McKay, L.D., McCarthy, J.F., Williams D. E., Koirala, S.R., Saylor, G.S., 2002. Efficacy of Bacteroides Measurements for Reducing the Statistical Uncertainty Associated with Hydrologic Flow and Fecal Loads in a Mixed Use Watershed, University of Tennessee.
- Ghaouth, A., J. Arul, J. Grenier and A. Asselin, 1992. Chitosan coating to extend the storage life of tomatoes. Hortscience, 27: 1016-1018. <http://library.wur.nl/WebQuery/titel/820136>.
- Gould A., Wilbur. 1983. Tomato production processing and quality evaluation, 2da Ed., AVI PUBLISHING COMPANY, INC., Westport, Connecticut; United States of America.
- Guilbert, S. 1986. Technology and applications of edible protective films. En “Food packaing and preservation theory and practice. Editado Mathlouthi, M. Ed. Elsevier Applied Science Publisher, Estados Unidos.
- Guzmán G. 2003. Efecto del tipo de plastificante en películas de quitosano. Tesis de licenciatura. UDLAP-P.
- Hossein J., 2011. Whey protein films and coating: A review, Raming Agricultural and Natural Resources, Ahvaz (Mollasani), Iran, Pakistan Journal of Nutrition 10(3): 296-301.
- INCAP, 2012. Tablas de composición de alimentos de Centroamérica./INCAP/Menchú, MT (ed); Méndez, H. (ed). Guatemala: INCAP/OPS.
- Kester, J.J, Fennema, O.R. 1986. Edible films and coatings: a review . Food Technology.
- Krotcha, Balwin J., Nisperios-Careido E., 1994. Edible coating and films to improved food quality. Ed. Technomic Publishing Co. Estados Unidos.
- Lupo Pasin B., Gonzales A. C., Maestro G. A. 2012. Microencapsulación con alginato en alimentos. Tecnicas y aplicaciones”. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Venezuela.

- Malorny, B., Hoorfar, J., Hugas, M., Heuvelink, A., Fach, P., Ellerbroek, L., Bunge, C., Dorn, C., Helmunt, R., 2003. Interlaboratory diagnostic accuracy of a Salmonella specific PCR-based method, *International Journal of food microbiology*, 89(2-3):241-9.
- Mariniello L., Di Pierro P., Esposito C., Sorrentino A., Masi P., Porta R., 2003. Preparation and mechanical properties of edible pectin-soy flour films obtain in the absence of presence of transglutaminase, *Journal of Biotechnology* 102 191-198.
- Maté, J. I.; Krochta, J.M., 1996. Comparison of oxygen and water vapor permeabilities of whey protein isolate and  $\beta$ -lactoglobulin edible films, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44 (10), 3001-3004.
- Meyer R. M., Paltrinieri G., 1983. Manuales para educación agropecuaria: Elaboración de frutas y hortalizas, Trillas México.
- Meza, A. 2006. Desarrollo de películas o recubrimientos comestibles con potencial para el recubrimiento de frutas frescas. Proyecto de especialización en biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana– Iztapalapa 76p.
- Milton J. R.1989. Surfactants and interfacial phenomena, Second Edition, Wiley Interscience publication, Brooklyn Collage, New York.
- Murillo B. J., 1989. El cultivo de jitomate en México Apuntes de Horticultura, Universidad Nacional Autónoma de México, División de Ciencias Agropecuarias.
- Muller G., 1981. Microbiología de los alimentos vegetales, Primera Edición, Acribia, Alemania.
- Norma Mexicana, NMX-FF-031-1997-SCFI Productos alimenticios no industrializados para el consumo humano-Hortalizas frescas-Tomate-(*Lycopersicon esculentum* Mill)-especificaciones.
- Okhamafe, A.O. y York, 1984. Effects of solid polymer interaccion on the propieties of some aqueous-base tablet film and coating formulation, *Inter-J. Pharm* 22:265.
- Olivas, G.I. and Barbosa-Canovas, G.V. 2005. Edible coatings of fresh-cut fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 45: 657-670.
- Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R. & Martí'n-Belloso, O. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to enhance quality and antioxidant properties of fresh-cut melon. *LWT-Food Science and Technology*, 41, 1862–1870.

- OMS, 2009. Inocuidad de los alimentos. Disponible en: [http://www.who.int/features/factfiles/food\\_safety/facts/en/index.html](http://www.who.int/features/factfiles/food_safety/facts/en/index.html).
- Pastor N. C., 2010. Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropil metilcelulosa: caracterización y aplicación, Tesis Doctoral, Valencia.
- Rosenthal J. A., 2001. Textura de los alimentos, Medida y Percepción, Acribia, United Kingdom.
- Rosas, MR., 2007. Contaminaciones alimentarias. Cuadros principales, tratamiento y prevención *Á M B I T O F A R M A C É U T I C O. N u t r i c i ó n*.; 25 (6): 95-100.
- Rodríguez G. A., 2010. Estudio del ángulo de contacto y de la mojabilidad a alta temperatura de fases líquidas en la sinterización de metales, Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ciencias e Ingeniería Química.
- Russell, A.D., 1991. Mechanisms of bacterial resistance to non-antibiotics: food additives and food and pharmaceutical preservatives. I. *Appl. Bacteriol.* 71, 191-201.
- SAGARPA, 2010. Monografía de cultivos Subsecretaría de fomento a los agrónomos.
- Sánchez F. Y. 1998. Caracterización de las propiedades ópticas, mecánicas y de barrera de películas de quitosano. Tesis de maestría. UDLPA-P.
- SSA 1994. NOM-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismo coliformes totales en placa.
- SSA 1997. NMX-FF-031-1997-SCFI. Productos alimenticios no industrializados para el consumo humano-Hortalizas frescas-Tomate- (*Lycopersicon esculentum* Mill)- especificaciones.
- SIAP, 2010. Producción Anual. Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10&Itemid=15](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=15)
- SIAP, 2012. Producción Anual. Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=10&Itemid=15](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=15)
- Van Haeff J.N.M., 1983. Manuales para educación agropecuaria: Tomates, Trillas México.
- Ventosa F. M., 2011. Empleo de coberturas a partir de polímeros naturales como método de envasado activo de hortalizas. Universidad de La Habana. Instituto de Farmacia y Alimentos.

Wright, N.E., Gilbert, P., 1987. Antimicrobial activity of N-alkyltrimethylammonium bromides: influence of specific growth rate and nutrient limitation. *J. Pharm. Pharmacol.* 39. 685-690.