

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERO EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**“INFLUENCIA DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y SENSORIAL DE UN
BIORECUBRIMIENTO FUNCIONAL A BASE DE GOMA GUAR Y ACEITE DE
OLIVA SOBRE LA VIDA DE ANAQUEL DE GUAYABA”**

POR:

ANAELI CÓRDOVA LÓPEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México, Junio 2016

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

"Influencia de la Calidad Microbiológica y Sensorial de un Biorecubrimiento
Funcional a base de Goma Guar y Aceite de Oliva sobre la Vida de Anaquel de
Guayaba"

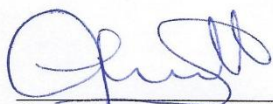
PRESENTADA POR:

ANADELI CÓRDOVA LÓPEZ


Que ha sido aprobada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

El presente trabajo ha sido asesorado y aceptado de acuerdo al artículo 89 del
Reglamento Académico para alumnos de licenciatura por el siguiente comité:



M.C. Xochitl Ruelas Chacón
Asesor Principal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Asesor

Julio C. Montañez

Dr. Julio César Montañez Saénz
Asesor externo

Dr. José Duñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México, Junio 2016

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

TESIS TITULADA

"Influencia de la Calidad Microbiológica y Sensorial de un Biorecubrimiento
Funcional a base de Goma Guar y Aceite de Oliva sobre la Vida de Anaquel de
Guayaba"

PRESENTADA POR:

ANADELI CÓRDOVA LÓPEZ

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito para
obtener el título de:

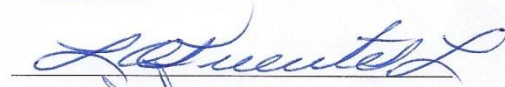
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

De acuerdo al artículo 90 del reglamento para Alumnos de Licenciatura

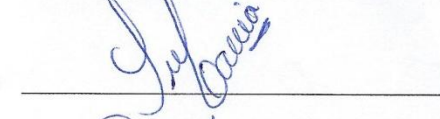
M.C. Xochitl Ruelas Chacón
Presidente



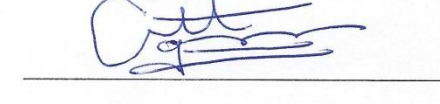
Lic. Laura Olivia Fuentes Lara
Vocal



Q.F.B. María del Carmen Julia García
Vocal



Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó
Vocal



Saltillo Coahuila, México, Junio del 2016.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y darme salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor, por ayudarme a terminar este proyecto, gracias por darme la fuerza y la paciencia para hacer este sueño realidad, por ponerme en este mundo, por estar conmigo en cada momento de mi vida. Gracias padre porque sin ti no soy nada. Agradecida infinitamente porque a pesar de las piedras encontradas en el camino tú me levantaste y me diste ánimo. También estoy agradecida contigo porque aun tienes con vida a mis padres que es lo que más me motiva a seguir.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Por ser nuestra magna casa de estudios donde realice mi carrera profesional, gracias por abrir tus puertas del conocimiento. ¡¡Eres mi nido!!.

A la MC. Xochitl Ruelas Chacón

Por permitirme trabajar con este proyecto de investigación, así como su disposición, tiempo y esfuerzo para la realización del mismo. La admiro mucho. Gracias infinitamente.

A todos los maestros (as)

Que en su momento me impartieron sus conocimientos durante el transcurso de mi formación profesional. Me apoyaron y aprendí de ellos.

A mis padres

Reynaldo Córdova Moreno: gracias papito que haría sin ti, estoy muy agradecida porque eres un gran ejemplo a seguir, por estar en los momentos que más te necesito, por tus consejos, por tus enseñanzas, por muchas cosas. Perdóname si un día te defraude pero en este momento con la culminación de este proyecto estoy demostrando todo lo que tú me enseñaste, a ser una persona de bien y a lograr mis objetivos. Gracias padre porque con tu cariño me siento muy motivada. Te extraño mucho.

A mi madre Magdalena López Morales, gracias mamacita por ser mi amiga, por tu ejemplo y tus consejos. Gracias por apoyarme en todo. Perdóname mamita sé que en un tiempo fui una mala hija, cosa de la cual estoy muy arrepentida. He mejorado mucho gracias a ti. Espero apoyarte para que te recuperes. Ánimo mami.

A mis hermanos

Amilcar Córdova López, sé que estas molesto conmigo, solo tú sabes tus motivos pero déjame decirte que yo no estoy molesta y que me encantaría apoyarte pero en estos momentos no me es posible. Te quiero hermano y estés donde estés que Dios te cuide mucho para que puedas salir adelante.

Leyri Córdova López, hermana eres y seguirás siendo mi hermana consentida que a pesar de todo lo que hemos vivido te quiero mucho. Gracias por ser mi única hermana y apoyarme cuando más te necesito. Te quiero mucho que Dios te cuide y te proteja.

Verni Córdova López, agradecida estoy contigo hermano porque me has apoyado siempre, gracias porque me diste refugio cuando más lo necesitaba. Te quiero mucho.

José Federico Córdova López, de ti hermano que puedo decir, eres un gran ejemplo a seguir, por muchos aspectos. Gracias hermano por darme el apoyo moral que ninguna otra persona como tú puede darlo. Te quiero mucho.

Isaías Córdova López, eres un gran hermano que me apoya en todos los aspectos. Gracias hermano porque tú me motivaste a salir adelante y demostrarles a todas esas personas que una vez dudaron de mis conocimientos. Gracias porque con tus palabras me motivas a salir adelante. Te quiero mucho.

Francisco Córdova L. a ti también te quiero mucho y a pesar de todas las dificultades que hemos tenido a lo largo de nuestra vida hoy Dios nos ha permitido llegar los 2 al mismo tiempo a cumplir nuestros objetivos. Gracias hermano porque en su momento tú me has apoyado. Te quiero mucho.

Reynaldo Pérez Córdova, para mí eres mi hermano, mi amigo, mi compañero de juegos, con el que compartí mi infancia. Gracias en verdad por haber venido a este mundo y darme en todo momento la alegría que más necesito. Te quiero mucho hermanito.

A mi familia

A mi esposo Dariciel Arbey Morales, gracias amor por estar conmigo en las buenas y en las malas, por apoyarme y estar cuando más te necesito por esas palabras motivadoras, por decir un te quiero cuando más te necesito. Por ayudarme económicamente a culminar satisfactoriamente mis estudios. Te amo con todo el corazón amor y espero poder ayudarte a que tú también sigas.

A mi hija Dariana Lizeth, hijita hermosa te amo mucho, gracias a Dios que me dio el mejor regalo del mundo, te quiero tanto hija, eres mi motor a seguir, gracias mi amor porque cuando más te necesito con esas pequeñas

manos tú me abrazas y me dices te quiero mama. A pesar de tus travesuras te amo con todo el corazón. Dios te bendiga siempre hija.

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el efecto del biorecubrimiento comestible funcional a base de goma guar y aceite de oliva sobre la calidad de la guayabas (*Psidium guajava*). Se tomaron las muestras de frutos de guayaba en estado de madurez de consumo, dividiéndolos en cuatro grupos (t1: guayabas con recubrimiento a temperatura ambiente 22 a 25°C; t2: guayabas controles sin recubrimiento a temperatura ambiente 22 a 25°C; t3: guayabas con recubrimiento a temperatura de refrigeración 11°C; t4: guayabas controles sin recubrimiento a temperatura de refrigeración 11°C).

La primera etapa consistió en analizar el efecto del biorecubrimiento sobre la calidad microbiológica de las guayabas durante almacenamiento por un periodo de 20 días (intervalo de muestra = 5 días). Posteriormente en la segunda etapa del trabajo consistió en analizar el efecto del biorecubrimiento sobre la calidad sensorial de las guayabas durante almacenamiento. Los parámetros evaluados fueron apariencia, frescura, olor, sabor, dulzura, dureza o suavidad, jugosidad y aceptación global, los cuales fueron llevados a cabo por un panel de jueces entrenados.

El análisis estadístico con referencia a la calidad microbiológica, demostró que sí hubo diferencias significativa ($P > 0.05$) entre los tratamientos temperatura de refrigeración (TCR) y temperatura ambiente (TCA), obteniéndose una media de 94481.1789 UFC/mg para TCR y 86378.1957 UFC/mg para TCA. En cambio en los tratamientos con recubrimiento a temperatura de refrigeración (TPR) y tratamiento con recubrimiento a temperatura ambiente (TPA), los panelistas o jueces no detectaron diferencia significativa.

Por otro lado para los hongos y levaduras sí hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos control a temperatura de refrigeración (TCR) y

temperatura ambiente (TCA), con una media de 139153.057 UFC/mg para TCR y 134675.846 para TCA. En cambio en los tratamientos con recubrimiento a temperatura de refrigeración (TPR) y tratamiento con recubrimiento a temperatura ambiente (TPA), los panelistas o jueces no detectaron diferencia significativa ($P>0.05$).

El uso de recubrimientos a base de goma guar redujo visiblemente los cambios postcosecha en frutos de guayaba, presentando una menor pérdida de color (brillo) y mayor firmeza que los frutos testigo (sin recubrimiento). Referente a la evaluación sensorial, se observó diferencia significativa ($P>0.05$) entre las muestras en los atributos de aceptación global, apariencia, frescura y textura. En cambio en los atributos de olor, sabor y dulzor los panelistas o jueces no detectaron diferencia significativa. La prueba que se aplicó fue una prueba hedónica con una escala de nueve puntos. Los resultados obtenidos se analizaron con el paquete estadístico Minitab 15 aplicando un análisis de varianza y en caso de existir diferencia significativa se realizó la prueba de Anova y Tukey. En base a los resultados obtenidos se puede concluir que las guayabas recubiertas con un biopolímero a base de goma guar presentaron una mejor calidad independientemente de la temperatura de almacenamiento.

Palabras clave: Recubrimiento comestible, goma guar, funcional, *Psidium Guajava*.

Correo electrónico; Anadelí Córdova López, hanna_ciel@hotmail.com

ÍNDICE GENERAL	PÁGINA
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.2 Hipótesis	3
1.3 Justificación	3
CAPÍTULO II	5
REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Recubrimientos comestibles	5
2.1.1 Antecedentes	5
2.1.2 Definición y diferencia entre película y recubrimiento comestible-	7
2.1.3 Aplicación y funciones en la industria de alimentos	7
2.1.4 Generalidades e importancia de las películas y recubrimientos comestibles	9
2.1.5 Carbohidratos, proteínas y lípidos como matrices estructurales-	11
2.1.6 Nuevos biopolímeros implementados en el desarrollo de películas y recubrimientos comestibles.	12
2.1.7 Ventajas y desventajas al uso de recubrimientos comestibles--	14
2.1.8 Técnicas de aplicación para la obtención de recubrimientos ---	14
2.2 Goma guar	15
2.2.1 Beneficios de la goma guar	16

2.3 Aceite de oliva -----	17
2.3.1 Propiedades y usos -----	17
2.4 Glicerol -----	18
2.4.1 Aplicaciones -----	19
2.5 Sorbato de potasio -----	20
2.5.1 Factores que determinan la actividad antimicrobiana de los sorbatos -----	22
2.5.1.1 Composición del alimento -----	22
2.5.1.2 Flora microbiana -----	22
2.5.1.3 Actividad de agua -----	22
2.5.1.4 PH -----	23
2.5.2 Modo de acción del sorbato de potasio -----	23
2.5.3 Microbiología de alimentos -----	24
2.5.3.1 Recuento de aerobios mesófilos -----	25
2.5.3.2 Mohos y levaduras -----	25
2.6 Tween -----	26
2.7 Medios de Cultivos -----	27
2.7.1 Agar para métodos estándar -----	27
2.7.2 Agar papa dextrosa -----	27
2.8 La guayaba (<i>Psidium Guajaba L.</i>) -----	28
2.8.1 Características generales -----	28
2.8.2 Taxonomía y morfología -----	30
2.8.3 Origen -----	30

2.8.4	Requerimientos de cultivo -----	30
2.8.5	Cosecha -----	31
2.8.5.1	Índices de cosecha -----	31
2.8.6	Propagación -----	32
2.8.7	Composición nutricional -----	33
2.8.8	Utilidades y beneficios -----	34
2.8.9	Condiciones óptimas de almacenamiento -----	35
2.8.10	Empaque y transporte -----	36
2.8.11	Principales causantes de daño -----	36
CAPÍTULO III	-----	38
METODOLOGÍA	-----	38
3.1	Etapa experimental I. Elaboración y caracterización de un recubrimiento comestible a base de goma guar y aceite de oliva-----	38
3.1.1	Preparación de la formulación -----	38
3.1.2	Aplicación del recubrimiento a las guayabas -----	39
3.2	Etapa experimental II -----	40
3.2.1	Evaluación microbiológica -----	40
3.3	Etapa experimental III -----	41
3.3.1	Evaluación sensorial -----	41
CAPÍTULO IV	-----	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	-----	42
4.1	Etapa experimental I. elaboración y caracterización de un recubrimiento comestible a base de goma guar y aceite de oliva -----	42

4.1.1 Preparación de la formulación -----	42
4.2 Etapa experimental II -----	43
4.2.1 Evaluación microbiológica -----	43
4.3 Etapa experimental III -----	47
4.3.1 Evaluación sensorial -----	47
CONCLUSIONES -----	50
BIBLIOGRAFÍA -----	51
ANEXOS -----	57

ÍNDICE DE CUADROS

PÁGINA

Cuadro 1. Funciones de las películas comestibles -----	9
Cuadro 2. Medidas aproximadas de las guayabas -----	29
Cuadro 3. Taxonomía y morfología de la guayaba -----	30
Cuadro 4. Composición nutricional de la guayaba en base a 100 g. -----	34
Cuadro 5. Resultados concentrados del análisis microbiológico mediante análisis de varianza -----	44
Cuadro 6. Resultados concentrados del análisis sensorial mediante análisis de varianza -----	48

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1. Transferencias que pueden ser controladas por barreras comestibles -----	6
Figura 2. Estructura del glicerol -----	18
Figura 3. Estructura molecular del sorbato de potasio --	21
Figura 4. Tween en solución -----	26
Figura 5. Estados de madurez de la guayaba -----	32
Figura 6. Elaboración del recubrimiento comestible -----	38
Figura 7. Recubrimientos comestibles aplicados a frutos de guayaba -----	39
Figura 8. Preparación de diluciones decimales -----	41
Figura 9. Frutos de guayaba con recubrimiento y testigo-	45
Figura 10. Diferencias entre los tratamientos al día 15 --	45
Figura 11. Colonias de microorganismos en medio PDA-	47

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la importancia de la guayaba en México radica en que representa 3.5% del valor del Producto Interno Bruto Nacional Agropecuario, el número total de productores dedicados a la producción de este fruto es de 26,000, utilizando 1.6 millones de jornales en la producción y 66 mil en el empaque, genera 23,453 empleos permanentes y 24,253 empleos temporales. La guayaba en México es una fruta que se ha cultivado por más de un siglo en nuestro país, los inicios de su producción fueron en el municipio de Calvillo en el Estado de Aguascalientes, con el paso del tiempo la producción de esta fruta es llevado a cabo en otros estados de la República como Michoacán (Sangerman y Larqué, 2013).

La guayaba es una fruta altamente perecedera, y se somete a una maduración rápida en unos pocos días a temperatura ambiente, es por ello que se debe de tener a un almacenamiento de los 4°C aproximadamente, ya que a un almacenamiento por debajo de los 10°C puede causar lesiones severas como picaduras y una coloración dorada en la piel y carne de la fruta.

En la producción de guayaba se han desarrollado muchos esfuerzos en los aspectos de sanidad e inocuidad para lograr el tan ansiado objetivo de poder incursionar en el mercado internacional; principalmente el mercado de Norteamérica, y para ello se han llevado a cabo campañas sanitarias muy importantes para alargar la vida de anaquel del fruto (Sangerman y Larqué, 2013). La calidad organoléptica de la guayaba es muy buena. De acuerdo con la información documental, la guayaba es una de las frutas con mayor contenido vitamínico (destaca su gran contenido de vitamina C) y propiedades digestivas (alto coeficiente de digestibilidad y elevado contenido de fibra).

A raíz de este hecho los productores han tenido que buscar nuevas alternativas para sostener sus negocios. Por esta razón, para prolongar la vida pos cosecha de los productos hortofrutícolas se han implementado diferentes

tecnologías, entre ellas el almacenamiento a bajas temperaturas, la utilización de empaques plásticos para crear atmósferas modificadas, la aplicación de tratamientos hidrotérmicos, irradiación y formulaciones que contienen agentes biológicos, entre otras (Morales, 2014).

Una alternativa con potencial viable para la conservación de frutas y vegetales frescos es la utilización de recubrimientos comestibles multicomponentes. La película o recubrimiento comestible consiste en una capa delgada que se preforma o forma directamente sobre la superficie de los productos vegetales o frutas como una envoltura protectora (Miramont, 2012).

Estas películas pueden elaborarse con ingredientes básicos adecuados al producto para brindarle la protección de barrera deseada y además, sirven como vehículos para incorporar aditivos específicos que refuerzan su funcionalidad tales como antioxidantes, colorantes y antimicrobianos, que en el caso de estos últimos se evitaría el crecimiento de microorganismos patógenos en la superficie de los productos vegetales. Formuladas a base de lípidos, proteínas o carbohidratos o mezclas de estos componentes, que les confieren diferentes propiedades fisicoquímicas.

Las principales funciones y propiedades de las películas comestibles son: reducir la pérdida de humedad, reducir el transporte de gases (O_2 y CO_2), reducir la migración de grasas y aceites, reducir el transporte de solutos, mejorar las propiedades mecánicas y de manejo de los alimentos, proveer integridad estructural a los alimentos, retener componentes volátiles y contener aditivos.

Las ventajas de las películas comestibles son: se tiene consumo directo con el producto, posibilidad de embalaje individual, mejora las propiedades mecánicas, organolépticas, nutricionales y de conservación, manipulación fácil, agentes de soporte y control de la retención de aditivos (aromas, colorantes, antioxidantes y antimicrobianos) (Miramont, 2012).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Investigar el efecto del biorecubrimiento funcional a base de goma guar y aceite de oliva sobre la calidad de la guayabas durante el almacenamiento a temperatura de 11 y 25°C, y evaluar el recubrimiento como un medio para extender la vida de anaquel de la guayabas.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la calidad microbiológica de la guayabas con recubrimiento funcional durante el almacenamiento de 11 y 25°C durante 20 días, muestreando cada 5 días.
- Analizar la calidad sensorial de las guayabas con recubrimiento funcional durante almacenamiento a temperatura de 11 y 25°C de acuerdo a los resultados de la calidad microbiológica.

1.2 HIPÓTESIS

La aplicación de un biorecubrimiento comestible elaborado a partir de goma guar y aceite de oliva puede ser una alternativa para alargar la vida de anaquel de la guayaba.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El interés en producir alimentos y conservarlos en calidad estable indica que el uso de este tipo de recubrimientos y películas será mayor de lo que actualmente es. La aplicación de recubrimientos comestibles puede ser una tecnología prometedora para la mejora de la calidad y conservación de los alimentos durante el procesado y almacenamiento (Ángel, 2015)

La aplicación de un recubrimiento es considerada como una alternativa con potencial viable para la conservación de frutas y vegetales frescos.

Además, sirven como vehículos para incorporar aditivos específicos que refuerzan su funcionalidad tales como antioxidantes, colorantes y antimicrobianos, que en el caso de estos últimos se evitaría el crecimiento de microorganismos patógenos en la superficie de los productos vegetales.

Es importante mencionar que le aportan brillo al producto brindándole un aspecto más aceptable en el punto de venta (Miramont, 2012).

Hay que tener en cuenta que los recubrimientos no funcionan de la misma manera para todos los tipos de alimentos, es decir, no es universal, por lo tanto debe diseñarse un tipo de películas para cada uno (Ramírez, 2015).

La finalidad de esta investigación es la aplicación de un recubrimiento comestible funcional en frutos de guayaba que ayude a mantener las características de calidad, representando una alternativa para alargar la vida de anaquel, reducir pérdidas durante su etapa de desarrollo y que además sea de bajo costo.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Recubrimientos comestibles

2.1.1 Antecedentes

La utilización de recubrimientos comestibles sobre productos alimenticios no es un tratamiento innovador ya que se realiza desde hace años, con los objetivos de aumentar el tiempo de almacenamiento y mejorar el aspecto de muchos alimentos.

Según Handerburg (1967), la aplicación de los recubrimientos comestibles para la protección de los alimentos con el fin de prolongar su vida de anaquel no es nada nuevo, menciona que desde los siglos XII y XIII en China se utilizaban ceras para recubrir a los cítricos retardando su desecación. En el siglo XVI sucedía que el recubrimiento de las frutas se llevaba a cabo con parafinas previniendo la pérdida de humedad del alimento (Morales, 2014).

De mediados de los 50's a mediados de los 80's se realizó suficiente trabajo orientado al uso de películas y recubrimientos para extender la vida de anaquel y mejorar la calidad de alimentos frescos, congelados y procesados, el cual se ha reportado tanto en la literatura científica como de patente.

Las ceras fueron las primeras cubiertas comestibles empleadas en frutas. En los años 1930s se disponía comercialmente de ceras de parafina derretidas en caliente para su aplicación como recubrimiento de manzanas y peras. Las propiedades que ofrecen las películas comestibles dependen de los componentes de los cuales están elaborados (Morales, 2014).

Actualmente el uso de recubrimientos comestibles se ha extendido a muchos alimentos: productos cárnicos, pescados y carne aviar tanto frescos como

congelados, frutas y hortalizas enteras o en trozos, quesos, platos preparados entre otros. Esto se debe al desarrollo de formulaciones innovadoras respecto a los biopolímeros utilizados para su composición (Quintero, 2010).

Según el tipo de biopolímeros (proteínas, polisacáridos, lípidos) que componga las películas comestibles (PC) o recubrimiento comestibles (RC) sus características y funciones serán diferentes, ya que están ligadas a la composición química y estructural del mencionado biopolímero. Dichas funciones están asociadas a la conservación de la calidad de los alimentos sobre los cuales se aplica y consisten principalmente en servir como barrera en la transferencia de distintas sustancias, desde el alimento hacia el exterior y viceversa, como se muestra en la figura 1.

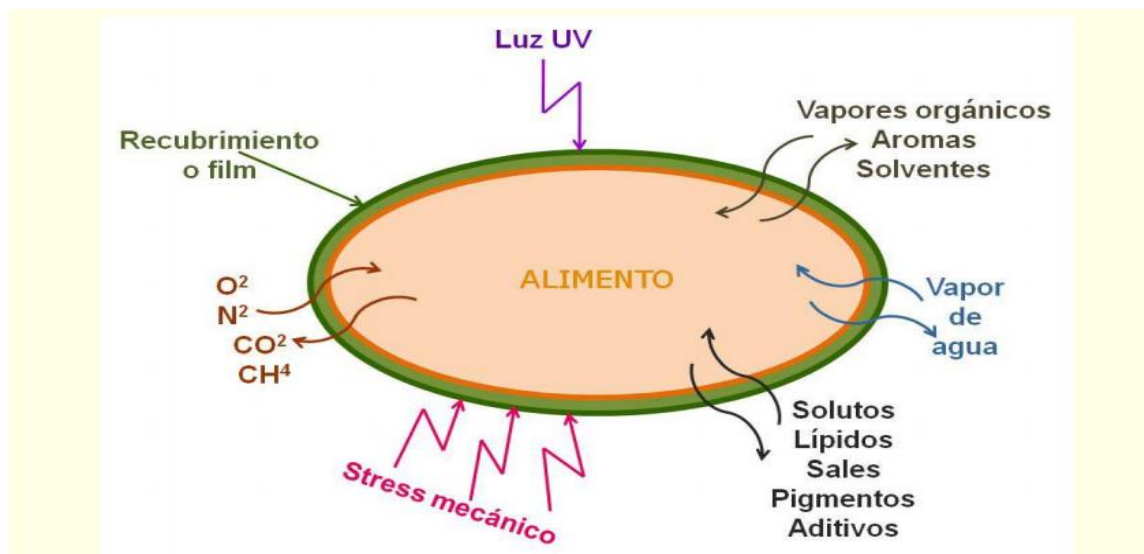


Figura 1. Transferencias que pueden ser controladas por barreras comestibles (Adaptado de Dbeaufort y Voilley, 2009).

En los últimos años se ha incrementado el interés por conseguir que las frutas y hortalizas conserven durante un tiempo más largo sus características sensoriales, nutricionales y microbiológicas, que es lo que determina su calidad y vida útil.

Las características se suelen ver afectadas durante el proceso de postcosecha, almacenamiento y comercialización y aunque hay procesos físicos y químicos que permiten estabilizar y conservar la calidad de los alimentos, normalmente se hace necesario el uso de un envase adecuado para su distribución y almacenamiento que proporcione una adecuada permeabilidad al vapor de agua y a los gases, así como una cierta protección mecánica (Morales, 2014).

2.1.2 Definición y diferencia entre película y recubrimiento comestible

Las películas son estructuras del polímero que se forman independientemente y que permanecen separadas de cualquier intención de uso. Estas películas también se utilizan como estructura de prueba para la determinación de propiedades de barrera, mecánicas, solubilidad y otras proporcionadas por un cierto material de película.

Las cubiertas o recubrimientos involucran la formación de una estructura del polímero, directamente en la superficie del objeto que se pretende proteger o mejorar de alguna manera. De esta manera, los recubrimientos llegan a ser parte del producto y permanecen en el mismo durante su uso y consumo.

La diferencia entre las películas y recubrimientos consiste en que, en general, las películas son preformadas y los recubrimientos se forman directamente sobre los productos en los que se aplican (Krochta y De Mulder-Johnson, 1997).

2.1.3 Aplicación y funciones en la industria de alimentos

Una película comestible (PC) se define como aquella capa delgada de material comestible formada sobre un alimento como un recubrimiento, o colocada (lo que implica que debe ser preformada) sobre o entre los componentes de los alimentos. El sistema ofrecen una barrera selectiva a la

migración de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, aromas, lípidos, etc.; además pueden servir como agentes acarreadores de otros ingredientes o aditivos (antioxidantes, saborizantes, antimicrobianos y colorantes) para mejorar el potencial de conservación y las características de manejo del alimento. En algunos casos las películas comestibles con buenas propiedades mecánicas pueden llegar a sustituir las películas de empaque sintéticas (Cubero *et al.*, 2003)

Diversos estudios reconocen la importancia de evaluar las matrices preformadas (películas comestibles), con la tarea de cuantificar diversos parámetros como propiedades mecánicas, ópticas y antimicrobianas a fin de determinar las posibilidades de su aplicación como nuevo empaque, ya que crea una atmósfera modificada que restringe la transferencia de gases (O_2 , CO_2) y se convierte en una barrera para la transferencia de compuestos aromáticos (Miller & Krochta, 1997).

Las cubiertas comestibles pueden ser aplicadas directamente a la superficie del alimento como una barrera adicional de protección para mantener la calidad y estabilidad de un alimento. La principal función de los recubrimientos es el uso de una solución hecha de ceras y aceites en agua, que se rocían en frutas para mejorar su color, brillo, apariencia, suavidad, controla su maduración y retarda la pérdida de agua (Krochta y De Mulder-Johnson, 1997).

En el cuadro 1, se muestran las principales funciones de los recubrimientos comestibles:

Cuadro 1. Funciones de los recubrimientos comestibles

Reducir la pérdida de humedad
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 integridad estructural a los alimentos
Retener los componentes volátiles
Contener aditivos

Fuente: Rojas Graü, 2006.

2.1.4 Generalidades e importancia de las películas comestibles (PC) y los recubrimientos comestibles (RC)

Los recubrimientos comestibles están compuestos de ceras naturales, polisacáridos y proteínas, formando un envase ideal desde el punto de vista medioambiental, puesto que son biodegradables y pueden ser consumidos con el producto. Además, en el futuro los recubrimientos comestibles podrían reducir la necesidad de refrigeración y el coste de almacenamiento por el uso atmósferas controladas.

El uso de recubrimientos en aplicaciones alimentarias y en especial en productos altamente perecederos, como los pertenecientes a la cadena hortofrutícola, se basa en ciertas características tales como costo, disponibilidad, atributos funcionales, propiedades mecánicas (tensión y flexibilidad), propiedades ópticas (brillo y opacidad), su efecto barrera frente al flujo de gases, resistencia

estructural al agua a microorganismos y su aceptabilidad sensorial (Figuroa, 2011).

Se emplea en forma de finas capas mediante inmersión, pulverización o envolturas, y el método depende, de las propiedades reológicas de las películas y la superficie de los frutos. Cabe resaltar, que la divergencia en la aplicación de los recubrimientos, es un factor limitante para el desarrollo e implantación de esta tecnología postcosecha, lo que reduce su versatilidad y condicionan su efectividad.

En cuanto a su campo de empleo, éste se extiende enormemente ya que esta tecnología permite diseñar y formular productos que se adapten según la forma de aplicación (directamente en campo, durante la confección en almacén o en el envasado) y el tipo de producto al que vayan destinados (fresco, entero, troceado, mínimamente procesado) (Velázquez y Guerrero, 2016).

Los recubrimientos comestibles dependiendo del tipo de compuesto que incluyen en su formulación pueden agruparse en tres categorías: **1) Hidrocoloides:** por lo general forman recubrimientos con buenas propiedades mecánicas y son una buena barrera para los gases (O_2 y CO_2), pero no impiden suficientemente la transmisión de vapor de agua. **2) Lípidos:** formados por compuestos hidrofóbicos y no poliméricos con buenas propiedades barrera para la humedad, pero con poca capacidad para formar films (recubrimientos). Reducen la transpiración, la deshidratación, la abrasión en la manipulación posterior y pueden mejorar el brillo y el sabor; y **3) compuestos:** formulaciones mixtas de hidrocoloides y lípidos que aprovechan las ventajas de cada grupo y disminuyen los inconvenientes. En general, los lípidos aportan resistencia al vapor de agua y los hidrocoloides, permeabilidad selectiva al O_2 y CO_2 , la duración de la película y la buena cohesión estructural o integridad de la película (Figuroa, 2011).

2.1.5 Carbohidratos, proteínas y lípidos como matrices estructurales

Un recubrimiento compuesto consiste en lípidos e hidrocoloides combinados para formar una bicapa o un conglomerado (Krochta *et al.*, 1994). En estudios recientes las tecnologías de películas comestibles y biodegradables contemplan la producción de películas comestibles mediante la combinación de diversos polisacáridos, proteínas y lípidos, con la tarea de aprovechar las propiedades de cada compuesto y la sinergia entre los componentes implementados, ya que las propiedades mecánicas y de barrera dependen de los compuestos que integran la matriz polimérica y de su compatibilidad (Altenhofen *et al.*, 2009).

A continuación se referencian algunos polisacáridos, así como hidrocoloides de naturaleza proteica que han sido objeto de investigación como películas y recubrimientos comestibles, estos son: carboximetilcelulosa, caseína (Ponce *et al.*, 2008), pectina, así como su mezcla junto a alginato de sodio y el efecto de la adición de CaCl_2 como material entrecruzante (Maftoonazad *et al.*, 2007, Altenhofen *et al.*, 2009), goma tragacanto, goma guar, etilcelulosa (Shresta *et al.*, 2003), goma de mezquite (Bosquez-Molina *et al.*, 2010), gluten de trigo (Tanada-Palmu & Grosso, 2005), gelatina adicionada con glicerol, sorbitol y sucrosa como plastificantes (Arvanitoyannis *et al.*, 1997; Sobral *et al.*, 2001) y película comestible multicomponente de gelatina-caseína entrecruzadas con transglutaminasa (Chambi & Grosso, 2006). Almidones de interés como el de yuca plastificado con glicerol, polietilenglicol, e incorporado con compuestos antimicrobianos naturales, y almidón de maíz estándar y pre-gelatinizado hacen parte de los biopolímeros de interés por su bajo precio y accesibilidad (Parra *et al.*, 2004).

Los polisacáridos y las proteínas son buenos materiales para la formación de películas y recubrimientos comestibles, ya que muestran excelentes propiedades mecánicas y estructurales, pero presentan una pobre capacidad de barrera frente a la humedad. Este problema no se encuentra en los lípidos dados sus

propiedades hidrofóbicas, especialmente los que poseen puntos de fusión altos tales como la cera de abejas y la cera carnauba (Morillon *et al.*, 2002).

2.1.6 Nuevos biopolímeros implementados en el desarrollo de películas y recubrimientos comestibles

Quitosano: Es un biopolímero, que ofrece un amplio potencial que puede ser aplicado a la industria alimentaria debido a sus propiedades fisicoquímicas particulares, tales como biodegradabilidad, biocompatibilidad con los tejidos humanos, el no ser tóxico y en especial sus propiedades antimicrobianas y antifúngicas. Estos aspectos lo hacen de vital interés para la preservación de alimentos y las tecnologías emergentes (Altenhufen *et al.*, 2019).

Además de investigaciones basadas en sus características antimicrobianas, se han evaluado y cuantificado sus propiedades mecánicas, térmicas y de permeabilidad a los gases (O₂, CO₂), encontrándose que las películas comestibles de gelatina-quitosano plastificadas con agua y polioles sufren un aumento en la permeabilidad conforme se incrementa el contenido de plastificantes (Arvanitoyannis *et al.*, 1997).

Películas compuestas de almidón de maíz-quitosano plastificadas con glicerina, muestran que la mezcla de estos dos hidrocoloides mejora sus propiedades mecánicas como la elongación a la rotura y la permeabilidad al vapor de agua, en contraste con membranas desarrolladas con uno solo de los componentes estructurales.

Nuevas investigaciones y revisiones recientes frente al uso de quitosano reúnen diversa información referente al efecto de su grado de desacetilación sobre la actividad antimicrobiana, su uso dentro del diseño de nuevos recubrimientos basados en compuestos bioactivos y su interacción frente a otros componentes que hacen parte de los alimentos frescos y mínimamente procesados, tratados con esta tecnología (Parra *et al.*, 2004).

Goma policaju: A partir de la goma exudada del árbol de marañón (*Anacardium occidentale* L.) se han generado nuevas matrices de recubrimiento y películas comestibles a base de goma policaju. Éstas han sido evaluadas teniendo en cuenta su opacidad, fuerza tensil, porcentaje de elongación a la rotura y permeabilidad al vapor de agua. Además, propiedades tales como humectabilidad y tensión superficial fueron cuantificadas mediante su uso como recubrimiento en manzanas cv. Golden. Como resultados se pudo determinar que concentraciones menores a 1.5% w/v de goma policaju crearían películas frágiles, la adición de Tween 80, aditivo que cumplió funciones como surfactante, redujo las fuerzas de cohesión por lo tanto se disminuyó la tensión superficial, aumentando la humectabilidad de la solución de recubrimiento, y mejorando de ese modo la compatibilidad del recubrimiento con la superficie de la fruta (Chambi y Gross, 2006).

Galactomananos: Son hidrocoloides que generan interés por su capacidad para estructurar matrices. Se encuentran almacenados como polisacáridos de reserva, son extraídos de semillas, y su estructura polimérica se encuentra influenciada principalmente por la proporción de unidades de manosa/galactosa y la distribución de los residuos de galactosa en la cadena principal (Cerqueira *et al.* 2009).

Aloe vera: El gel extraído de la pulpa de *Aloe barbadensis* Miller ha recibido un especial interés por la capacidad de actuar como recubrimiento por su actividad antioxidante como respuesta a la presencia de compuestos de naturaleza fenólica, y el hecho de que genera entre 4 y 2 reducciones logarítmicas en el crecimiento del micelio de mohos tales como *Penicillium digitatum* y *Botrytis cinérea* (Maftoonazad *et al.*, 2007)

2.1.7 Ventajas y desventajas al uso de recubrimientos comestibles

Dentro de las ventajas del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas mínimamente procesadas se encuentran:

- ✓ Mejoran la retención del color, ácidos, azúcares y componentes del sabor.
- ✓ Reducen la pérdida de agua.
- ✓ Mantienen la calidad durante el almacenamiento.
- ✓ Disminuyen los desórdenes metabólicos durante el período de conservación.
- ✓ Permiten la adición de otros compuestos.
- ✓ Reducen el uso de envases sintéticos.

Sin embargo, su utilización también presenta inconvenientes. Una de las principales desventajas del uso de los RC es su grosor, ya que este puede restringir el intercambio gaseoso durante la respiración de los tejidos, pudiendo causar acumulación de altos niveles de etanol y por ende el desarrollo de malos sabores (Rojas Graü, 2006).

2.1.8 Técnicas de aplicación para la obtención de recubrimientos

Actualmente se desarrollaron varios métodos para la correcta aplicación de las matrices comestibles sobre los alimentos, estas son:

INMERSIÓN: consiste en la aplicación de las matrices comestibles sumergiendo el alimento en la solución filmogénica preparada. Se utiliza especialmente en aquellos alimentos cuya forma es irregular que requieren de una cobertura uniforme y gruesa. Es importante que el producto a tratar esté previamente lavado y seco, y que una vez retirado de la solución se deje drenar el excedente de solución para lograr un recubrimiento uniforme.

POR ATOMIZACIÓN (SPRAYING): se puede lograr un espesor más delgado y uniforme que con la técnica anterior. Por otro lado, es más adecuado para productos que necesiten ser recubiertos sólo en una de sus caras o en uno de sus lados.

CASTING: mediante esta técnica se obtienen películas o films premoldeados. Consiste básicamente en la obtención de una dispersión uniforme compuesta por biomoléculas (proteínas, polisacáridos, lípidos), plastificante y agua. Luego se vierte sobre una placa de material inocuo (acero inoxidable) donde se deja secar para que se forme el film o película. La velocidad de secado junto con la temperatura y humedad son condiciones determinantes para la calidad del film (transparencia, consistencia, propiedades mecánicas), por lo tanto deben ser controladas correctamente (Rojas Graü, 2006).

2.2 Goma guar

La goma guar es un polisacárido que está presente en la planta *Cyamopsis tetragonoloba*, una planta que pertenece a la familia de las leguminosas, esta planta se cultiva en India y Pakistán. Y actualmente se usa en la industria alimentaria como una buena fuente de fibra a muchos alimentos y productos. Se caracteriza por ser un polvo blanco que no tiene olor ni sabor. Es una molécula larga, rígida y lineal de beta- 1,4-Dgalactomananas, con enlace alfa 1,6 D-galactosa proporciona una viscosidad alta en solución.

Por su efecto espesante al ser una sustancia de alta viscosidad, ya que en el agua multiplica su tamaño, esto al absorberla, por lo cual todas las propiedades y beneficios que aportan es por esto, que es ideal para utilizarse como apoyo en dietas para bajar de peso. Ya que ayuda a prolongar la absorción intestinal de lípidos, carbohidratos, sin que esta absorción sea inadecuada, afectando al organismo, al contrario beneficia su funcionamiento.

Se prefiere la goma guar por su relativamente bajo costo, además de darle consistencia al producto (Ramírez, 2015).

2.2.1 Beneficios de la goma guar

Dentro de los beneficios que tiene esta fibra es ser útil como complemento de la alimentación, ya es conocido que el consumo de fibra es indispensable para el organismo, para que se puedan desechar fácilmente las toxinas, y sustancias que pueden dañar y/o alterar el funcionamiento del cuerpo, haciéndolo vulnerable a desarrollar enfermedades.

Dentro de los beneficios que aporta están:

- ✓ Reduce la absorción de glucosa en el organismo evitando que los niveles se eleven.
- ✓ Ayudan también en la reducción de la absorción de grasas, impidiendo que el tejido adiposo se acumule en el organismo.
- ✓ Reduce la sensación de hambre, debido a que aumenta de volumen al mezclarse goma guar en agua.
- ✓ Permite una sensación de saciedad, disminuyendo la ansiedad por estar comiendo.
- ✓ Al ser una fibra, ayuda a mejorar el tránsito intestinal, por lo que previene el estreñimiento.
- ✓ Permite la desintoxicación del organismo.
- ✓ Ayuda en el control del apetito.
- ✓ Reduce los niveles de ácidos biliares en sangre haciendo que las grasas se metabolicen adecuadamente.
- ✓ Goma guar es un ingrediente que se puede usar en diferentes platillos, se usa también en repostería.
- ✓ No contiene gluten por lo que es ideal para que personas que padecen de enfermedad celiaca puedan consumirla.
- ✓ Ayuda a disminuir los niveles de colesterol en sangre.

- ✓ A las semillas de la planta guar se le atribuyen propiedades digestivas, no sólo ayudando a prevenir y combatir el estreñimiento, sino también en caso de tener malestares digestivos.
- ✓ Goma guar Tiene propiedades depurativas por lo que ayudará a que el organismo deseche las toxinas (Ramírez, 2015).

2.3 Aceite de oliva

El aceite de oliva es un aceite vegetal de uso principalmente culinario que se extrae del fruto recién recolectado del olivo denominada oliva o aceituna. Casi la tercera parte de la pulpa de la aceituna es aceite, y por esta razón desde el pasado se ha extraído fácilmente con una simple presión ejercida por un primitivo molino llamado almazara.

El aceite se extrae de aceitunas maduras de entre seis y ocho meses, justo en el momento que contienen su máxima cantidad de aceite lo que suele ocurrir a finales de otoño. Las aceitunas se someten a una primera presión con el objeto de extraer su zumo; la calidad del aceite depende en gran medida del procesado posterior (Morales, 2014).

2.3.1 Propiedades y usos

Una de las principales propiedades se deriva de su alto contenido de ácido oleico (llegando de media a un 75%). Las propiedades dependerán en gran medida de la variedad de aceituna empleada, de la forma en la que se procesó el aceite y de los procedimientos de almacenado.

Algunas de las ventajas que nos ofrece el consumo del aceite de oliva son:

- ✓ Contiene vitamina E: que previene de la oxidación del colesterol malo LDL (Lipoproteínas de baja densidad), lo que daría lugar a la aparición de placas de ateroma o arterioscleróticas, que impiden el correcto flujo sanguíneo a través del sistema arterial. Por su contenido en vitamina E y el

efecto antioxidante de ésta sobre la membrana celular, el aceite de oliva está especialmente recomendado para la infancia y la tercera edad.

- ✓ Polifenoles: poseen una acción antioxidante, previene el envejecimiento celular y también la formación de células cancerosas.
- ✓ Grasas monoinsaturadas: ayudan a reducir los niveles de LDL(Lipoproteína de baja densidad) o colesterol malo.
- ✓ En las personas diabéticas ayuda a rebajar los niveles de glucemia, por lo que necesitarían menos cantidad de insulina.

En España, especialmente en las regiones productoras, siempre se usa para freír y como condimento para todo. En la gastronomía andaluza su uso es omnipresente. El uso alimentario va a depender del tipo de aceite de oliva, ya sea la variedad o el estado de madurez de la oliva. Por ejemplo, los tipos herbáceos, con picor, amargor, con compuestos volátiles y con color verdoso son los preferidos para condimentar ensaladas (Morales, 2014).

2.4 Glicerol

El glicerol también conocido como glicerina o 1, 2,3 propanotriol, es un compuesto alcohólico con tres grupos –OH (hidroxilos) como se muestra en la figura 2.

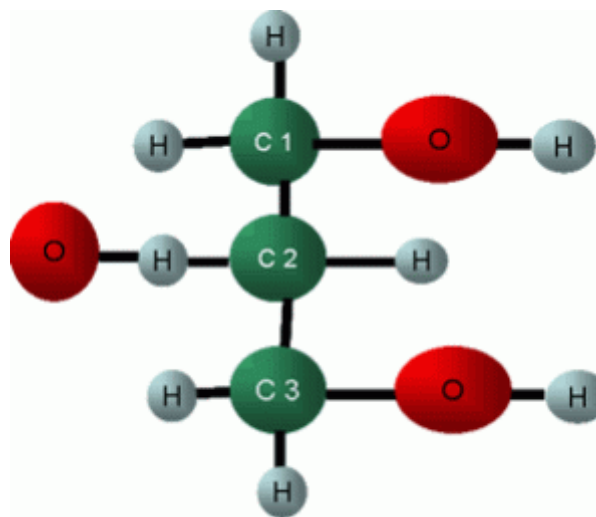


Figura 2. Estructura del glicerol (Sánchez, 2014).

La palabra glicerol, procede del griego Glykos, que significa dulce. Posee un aspecto de líquido viscoso, no tiene color, pero sí un característico olor, además de un sabor dulzón. Además el glicerol es un compuesto higroscópico, lo que quiere decir que tiene la capacidad de ceder o absorber la humedad presente en el medio ambiente que lo rodea. Además es fácilmente soluble en agua, y se descompone en ebullición, en la cual entra a una temperatura de 290°C. Es un compuesto líquido si se encuentra a temperatura ambiente, (a unos 25°C) (Ramírez, 2015).

El glicerol se encuentra en todos los tipos de aceites, así como en las grasas animales o vegetales, siempre que éstas vayan asociadas a otros ácidos grasos como puede ser, por ejemplo, el oleico, o esteárico. Aceites como la de palma, o el aceite de coco, poseen una gran cantidad de glicerol, en torno a un 70-80% de ácidos grasos.

El glicerol está presente de manera combinada en todas las células de tipo animal y vegetal, formando parte de las membranas de las células a modo de fosfolípidos.

2.4.1 Aplicaciones

Entre sus usos más frecuentes se encuentran:

- ✓ La fabricación de producto cosmético, sobre todo en la industria jabonera.
- ✓ Dentro del área médica, se usa en las composiciones de medicamentos, a modo de jarabes, cremas, etc.
- ✓ En temperaturas más altas de los 250°C, en los baños calefactores.
- ✓ En ciertas maquinarias se utiliza como lubricante.
- ✓ Anticongelante.
- ✓ Fabricación de distintos productos, sobretodo en la preparación de tés, cafés, y otros extractos vegetales, así como la elaboración de bebidas refrescantes, donde se añade como aditivo para aumentar la calidad.
- ✓ Fabricación de resinas utilizadas como aislantes.

- ✓ Es un componente en la industria tabaquera, pues gracias a su propiedad higroscópica, se consigue regular la humedad con la finalidad de eliminar malos sabores, así como disminuir la irritación provocada por el humo de los cigarrillos.
- ✓ Dentro de la industria textil, donde se utiliza con la finalidad de provocar mayor elasticidad en los tejidos, así como proporcionar mayor suavidad en las telas.
- ✓ También se encuentra presente en la industria del cuero, donde se adiciona a disoluciones de tipo acuosa con la finalidad de conseguir preservar las pieles, así como se encuentra presente también en ceras que son usadas para curtir las pieles (Ramírez, 2015).

2.5 Sorbato de potasio

Los agentes antimicrobianos como el ácido benzoico, ácido sórbico y parte de sus sales (sorbato sódico, sorbato potásico y sorbato cálcico), ácido propiónico, ácido láctico, nisina y lisozima han sido incorporados en matrices comestibles, con el fin de evitar el crecimiento superficial de hongos, bacterias y levaduras en los alimentos.

El sorbato de potasio es el conservador y antiséptico de alta eficiencia y seguridad recomendado por WHO y FAO, puede inhibir la actividad de moho, ascomicetos y bacterias aerobias, también puede prevenir el crecimiento y reproducción de microorganismos nocivos tales como estafilococo y salmonella, su efecto de inhibir el desarrollo es más fuerte que el efecto de esterilización, por lo que puede alargar el tiempo de conservación y mantener el sabor original de los alimentos. El sorbato potásico es muy utilizado, tiene un peso molecular de 150,22 g/mol y es el más soluble: 138 g en 100 g de agua a temperatura ambiente (Ángel, 2015).

La no toxicidad de los sorbatos fue establecida en pruebas en las cuales los compuestos fueron suministrados a diversas especies animales para la determinación de toxicidad aguda, así como su influencia en el metabolismo después de la exposición a corto o largo plazo. En general, estudios han demostrado la inocuidad relativa de sorbatos y su superioridad relativa en la seguridad en comparación con otros aditivos químicos (Miramont, 2012).

Su fórmula molecular es $C_6H_7O_2K$ (figura 9) y su nombre científico es (E, E)-hexa-2,4-dienoato de potasio, como se muestra en la figura 3 (Quiminet.com, 2012).

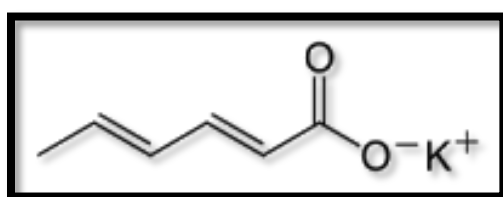


Figura 3. Estructura molecular del sorbato de potasio (Quiminet.com, 2012).

Uno de los conservadores más usados en la industria alimentaria, es el sorbato de potasio por su alta solubilidad, efecto antibacteriano y antimicótico comprobado, por ser fácilmente catabolizado y asimilado por el organismo y por su carácter inocuo; sin embargo es irritante a las membranas (Noboa, 005). Debido a sus notables propiedades químicas y físicas, es fácil de usar y no influye en el sabor ni en el olor de los productos, por lo que ha sido adoptado en muchos países como el conservante ideal para varios productos alimenticios (Ángel, 2015).

Los estudios han reportado que los sorbatos retardar el crecimiento de numerosos microorganismos, incluyendo levaduras, mohos, bacterias deteriorativas y patógenas. De igual manera inhiben un gran número de bacterias tales como Gram positivas, Gram negativas, catalasa positiva, catalasa negativa, aerobios y anaerobios, mesofílicos y psicotróficos (Sofos, 1989).

2.5.1 Factores que determinan la actividad antimicrobiana de los sorbatos.

2.5.1.1 Composición del alimento

La inactivación o inhibición microbiana es más eficiente en sustratos simples que sistemas complejos. En emulsiones grasa en agua como la mayonesa, margarina y aderezos, el nivel de sorbato necesario es relativamente alto comparado con otros conservadores de alimentos. Sal, azúcar y otros componentes solubles reducen la concentración de sorbato en la fase acuosa (Sofos, 1989).

2.5.1.2 Flora microbiana

El tipo y número de microorganismos presentes en un producto alimenticio pueden afectar el potencial de sorbato para inhibir el crecimiento y conservar el producto. Algunas microorganismos pueden crecer en presencia de altas concentraciones de sorbato ($>0.3\%$), mientras que otras son inhibidas con concentraciones muy bajas ($<0.05\%$). En alimentos contaminados con una flora mixta de microorganismos, algunos de estos pueden ser inhibidos mientras que la resistencia de otros permite que crezca y contaminen el alimento. La acción antimicrobiana del sorbato de potasio es reducida al aumentar los niveles de contaminación (Sofos, 1989).

2.5.1.2 Actividad de agua

La acción de los antimicrobianos en alimentos se ve generalmente incrementada conforme la actividad de agua (a_w) del sistema es reducida. Algunos estudios han reportado un incremento en la actividad antimicrobiana del sorbato cuando se adiciona azúcar o cloruro de sodio al sustrato. En general se cree que los solutos incrementan la actividad inhibitoria del sorbato por la reducción de la a_w . Un modo potencial de acción para este fenómeno puede ser que los solutos inducen el hinchamiento celular, el cual incrementa la sensibilidad de los microorganismos a los conservadores (Liewen y Marth, 1985).

2.5.1.3 pH

La acción microbiana se incrementa cuando el pH disminuye y se aproxima a la constante de disociación (pKa) del componente; de tal manera, que el sorbato de potasio es más efectivo como conservador de productos alimenticios cuando los valores de pH son bajos (<6.5) ya que el valor de pKa es de 4.8. El sorbato de potasio es inefectivo a valores de pH 7 y arriba de éste (Sofos, 1989).

El incremento de la actividad inhibitoria del sorbato a bajos valores de pH es atribuido a la influencia del pH en la no disociación del ácido presente en el sustrato; de tal manera que la mayor actividad microbiana se encuentra en la forma no disociada. En adición al pH, la disociación del sorbato está influenciado por la solubilidad y actividad de agua del sistema (Sofos, 1989).

2.5.2 Modo de acción del sorbato de potasio

El mecanismo y modo de acción del sorbato de potasio, está en función de condiciones específicas como el tipo y especie de microorganismo, tipo y propiedades del sustrato, condiciones del medio y otros parámetros de proceso o ingredientes (Sofos, 1989).

Los mecanismos de inhibición por acción del sorbato en el crecimiento microbiano incluyen alteraciones en la morfología, integridad y función de la membrana celular, así como inhibición de funciones de transporte y actividad metabólica (Sofos, 1989); la muerte de microorganismos expuestos a altas concentraciones de sorbato es atribuida a la generación de agujeros en la membrana celular. El sorbato disminuye la asimilación de carbono de algunos sustratos tales como glucosa, acetato, succinato, piruvato, lactato, oxaloacetato, α -ketoglutarato, etanol y acetaldehído. La inhibición del metabolismo celular por el sorbato se debe a la inhibición de enzimas, a la toma de nutrientes o a varios sistemas de transporte (Sofos y Busta, 1993).

El sorbato inhibe la actividad de algunos sistemas enzimáticos, los cuales pueden llevar el rompimiento de procesos vitales involucrados en funciones de transporte,

metabolismo celular, crecimiento y replicación. Las enzimas inhibidas por el sorbato incluyen alcohol dehidrogenasa, fumarasa, enolasa, espartana, catalasa, malato deshidrogenasa, entre otras. Así mismo, el sorbato puede interferir con algunos sustratos y con el mecanismo de transporte de electrones (Sofos, 1993). Los iones hidrógenos se encuentran fuera de la célula provocando un pH ácido, mientras que los iones hidroxilo se encuentran dentro de la misma ocasionando que la célula presente un pH próximo a la neutralidad. El gradiente de la membrana representa el potencial electroquímico utilizado en el transporte activo de algunos sustratos. Los ácidos lipófilos débiles tratan de difundirse a través de la membrana, la molécula no disociada se ioniza en el interior de la célula y se reduce el pH intracelular. Esto da como resultado un debilitamiento del gradiente de la membrana, de modo que el transporte de los sustratos perjudicado (Jay, 1991).

2.5.3 Microbiología de alimentos

Los recuentos de microorganismos viables se basan en el número de colonias que se desarrollan en placas previamente inoculadas con una cantidad conocida de alimento e incubadas en unas condiciones ambientales determinadas. Estos recuentos no pueden considerarse como recuentos totales ya que solo son susceptibles del conteo aquellos microorganismos capaces de crecer en las condiciones establecidas. Se puede conseguir una amplia gama de condiciones variando la temperatura, la atmósfera, la composición del medio y el tiempo de incubación. El intervalo de temperaturas en el que crecen los microorganismos es muy amplio: de -34°C a $>90^{\circ}\text{C}$. En función de esto se encuadra a los microorganismos en tres grupos:

- a)** los que crecen bien a 7°C o por debajo de esta temperatura cuya temperatura: psicrótofos.
- b)** los que crecen entre $20 - 30^{\circ}\text{C}$, con una temperatura óptima de crecimiento está entre $30 - 40^{\circ}\text{C}$: mesófilos

c) los que crecen por encima de los 45° C: termófilos (Sangerman y Larqué, 2013).

2.5.3.1 Recuento de aerobios mesófilos

En este grupo se incluyen todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 30° C en las condiciones establecidas. En este recuento se estima la microbiota total sin especificar tipos de microorganismos. Refleja la calidad sanitaria de un alimento, las condiciones de manipulación, las condiciones higiénicas de la materia prima.

Un recuento bajo de aerobios mesófilos no implica o no asegura la ausencia de patógenos o sus toxinas, de la misma manera un recuento elevado no significa presencia de flora patógena. Ahora bien, salvo en alimentos obtenidos por fermentación, no son recomendables recuentos elevados.

Un recuento elevado puede significar:

- Excesiva contaminación de la materia prima
- Deficiente manipulación durante el proceso de elaboración
- La posibilidad de que existan patógenos, pues estos son mesófilos
- La inmediata alteración del producto

El recuento de mesófilos nos indica las condiciones de salubridad de algunos alimentos (Quiminet.com, 2012).

2.5.3.2 Mohos y levaduras

Los hongos son organismos eucarióticos, cuya pared celular contiene quitina y glucanos. Son unicelulares o filamentosos, de reproducción sexual o asexual, saprófitos mutualistas o parásitos.

En función de la temperatura de crecimiento se dividen en:

- Termófilos: 20 – 50° C (40 – 50° C)
- Termolatentes: máximo 50° C, mínimo por debajo de 20° C
- Mesófilos: 10 – 40° C (20 – 35° C)

- Psicrófilos: por debajo de 10° C (por debajo de 20° C)

Los hongos engloban los mohos y las levaduras. Los mohos son multicelulares filamentosos cuyo crecimiento en un alimento se reconoce por su aspecto aterciopelado. Las levaduras crecen en agregados de células independientes, cuando crecen en los alimentos forman colonias características (Sangerman y Larqué, 2013).

2.6 Tween

El tween es un surfactante hidrofílico. Se utiliza para la emulsificación de aceite en agua (O/W), dispersión o solubilización de aceites, como se muestra en la figura 3.

Es un derivado del polioxietileno del monooleato de sorbitán, generalmente solubles o dispersables en agua, y solubles en diferentes grados en líquidos orgánicos. Se utilizan para emulsificación aceite en agua (O/W), dispersión o solubilización de aceites, y para hacer lavables las pomadas anhidras. Con frecuencia los surfactantes TWEEN se combinan con surfactantes de número similar SPAN o ARLACEL para promover la estabilidad de la emulsión (Salazar, 1997).



Figura 4. Tween en solución (Sánchez, 1997).

2.7 Medios de Cultivos

2.7.1 Agar para métodos estándar

El agar para métodos estándar es un medio utilizado para el recuento de bacterias mesófilas aeróbicas a partir de agua, aguas residuales, alimentos y productos lácteos. Este medio también es conocido como agar cuenta estándar (Yago, 2016).

El agar para métodos estándar fue desarrollado por Buchbinder Baris and Goldstein en 1953 como un requerimiento de la American Public Health Association. Se formula con los ingredientes originales. El extracto de levadura y la peptona de caseína han sido utilizados en medios diseñados para estudiar la presencia de microorganismos termofílicos en productos lácteos desde 1928.

Por otro lado, las bacterias mesófilas aerobias son microorganismos que presentan unas características térmicas intermedias, que junto con los hongos filamentosos y levaduras, constituyen la flora total de aerobios mesófilos (SAGARPA, 2008).

2.7.2 Agar papa dextrosa

Medio de cultivo Agar de Dextrosa y Papa, es conocido como PDA por sus siglas en inglés, tiene la infusión de papa como fuente de almidones y la dextrosa son la base para el crecimiento de hongos y levaduras. El Agar Papa Dextrosa o Agar PDA es un medio sencillo que incluye dextrosa e infusión de patata blanca (*Solanum tuberosum*) (Sánchez, 2014).

El bajo pH (3.5) evita el crecimiento de las bacterias. Cuando se va a usar para el recuento de hongos y levaduras, agregar al medio de cultivo una vez esterilizado y enfriado aproximadamente a 45°C, 14 ml de una solución estéril de ácido tartárico al 10% para obtener un pH aproximado de 3.5.

Para cultivo y recuento de hongos y levaduras en productos lácteos, bebidas embotelladas, alimentos líquidos, etc. (Sánchez, 2014).

2.8 La guayaba (*Psidium guajaba* L.)

La guayaba o *Psidium guajaba* es una rica fruta americana que es muy importante para la dieta pero también para la salud desde la época prehispánica. Su nombre científico es *Psidium guajaba* L. En náhuatl fue y es conocida como Xalxócotl, que según el *Diccionario de la lengua náhuatl o mexicana* de Rêmi Simêon significa: árbol grande del que se cuentan varias especies; su fruto, que lleva el mismo nombre, era llamado en las Antillas guayabo, de donde se deriva la palabra guayaba; es sabroso y detiene la diarrea.

Pertenece a la familia de las Mirtáceas. Su piel es de color verde con tonalidades amarillentas según su especie y estado de maduración. Puede ser de piel rugosa o completamente lisa; su carne puede ser de color blanco rosada, rojizo o rosada. Ésta suele tener una primera capa firme y con consistencia, y otra de carne jugosa, cremosa y blanda, que alberga gran cantidad de semillas pequeñas (Zamora y González, 2011).

La guayaba se ha cultivado y distribuido por el hombre, por las aves, y por muchos de los animales cuadrúpedos, de manera que su lugar de origen es incierto, pero se cree que es común en todas las zonas cálidas de América tropical y en las Antillas (desde 1526), las Bahamas, las Bermudas y el sur de la Florida donde fue introducido en 1847 y fue común en más de la mitad del Estado para 1886. Los primeros colonizadores españoles y portugueses se apresuraron a llevarlo desde el Nuevo Mundo a las Indias Orientales y Guam. Pronto fue adoptado como un cultivo en Asia y en partes del África cálida (Vargas, 2008).

2.8.1 Características generales

La guayaba es un fruto considerado exótico por su característico aroma y su cremoso sabor cuando está cruda conserva la mayoría de sus vitaminas y minerales completos, por lo tanto es mucho más conveniente su ingesta. Una

propiedad de la guayaba importante de destacar es el alto contenido de vitamina C, la guayaba posee más vitamina C que la naranja y el limón. La exótica fruta es una excelente fuente de potasio, esta propiedad de la guayaba ayuda a mantener los nervios conectados correctamente a los músculos, evitando desgarres, calambres e inflamación. Una propiedad de la guayaba muy importante es su alto contenido de ácido fólico.

La guayaba posee una cáscara muy delgada color verde en la primera etapa y amarilla cuando está madura y lista para comerse, la pulpa de la guayaba puede ser de color blanco, amarilla, anaranjada o rosa, dependiendo de la especie de guayaba; la cremosa pulpa está acompañada por decenas de semillas pequeñas y duras. (Ramírez, 2009).

La guayaba es una fruta tropical comestible, redonda o en forma de pera, puede medir entre 3 a 10 cm de diámetro y 4-12 centímetros de longitud. Posee una corteza delgada y delicada, color verde pálido a amarillo en la etapa madura en algunas especies, rosa a rojo en otras, pulpa blanca cremosa o anaranjada con muchas semillitas duras y un fuerte aroma característico se le considera la reina de las frutas por su sabor, aroma y alto contenido nutricional.

Su peso oscila desde los 60 hasta los 500 gramos, de sabor dulce, acidulo o ácido, recuerda a una mezcla de pera, higo y fresa en las variedades dulces y plátano, limón y manzana en las especies ácidas . En el cuadro 2 se muestran las medidas aproximadas de las guayabas conforme al tamaño (Concha Guilla, 2012).

Cuadro 2. Medidas aproximadas de las guayabas

Tamaño	Diámetro mm
Grande	Mas de 50
Mediano	40 a 50
Pequeño	30 a 50

Fuente: Codex Alimentarius, 1995.

2.8.2 Taxonomía y morfología

En el cuadro 3. Observamos la taxonomía y morfología de la guayaba (*Psidium guajaba* L.).

Cuadro 3. Taxonomía y morfología de la guayaba (*Psidium guajaba* L.).

CLASE	ANGIOSPERMA
SUBCLASE	ESPERMATOPHYTA
ORDEN	MYRTALES
FAMILIA	MYRTACEAE
GÉNERO	PSIDIUM

Fuente: Concha Guaila, 2012

2.8.3 Origen

Su origen es incierto pero se le ubica en Mesoamérica fue propagada por los españoles y portugueses a todos los trópicos del mundo donde se ha naturalizado con ayuda de los pájaros. Actualmente se extiende desde México y Centroamérica, hasta Sudamérica, en específico Brasil y Perú, en las Antillas y el sur de Florida. Su área ecológica se encuentra en la franja paralela al Ecuador, con límites que no van más allá de los 30° de cada hemisferio Este gran fruto se encuentra en más de 50 países con clima tropical (Concha Guaila, 2012).

2.8.4 Requerimientos de cultivo

La planta de guayaba requiere suelos poco exigentes desde los cero metros sobre el nivel del mar hasta los 110, la temperatura va desde los 15.5 °C hasta los 34°C, con fines productivos convienen los suelos profundos y ricos con abonados periódicos bien drenados, con un pH entre 5 y 7 se necesita riego frecuente y abono con nitrógeno reducido de manera que se mantenga una humedad constante de las partes profundas de las raíces, especialmente en

la fase de floración; una sequía temporal provoca la caída de los brotes de flor soporta podas de formación rigurosas sin que se vea afectado el crecimiento de los frutos, ya que éstos se desarrollan sobre ramas de renuevo (Concha Guaila, 2012).

2.8.5 Cosecha

La guayaba, por lo general, se cosecha manualmente; el manejo y destino de los frutos varía de un país a otro. Los frutos que se vayan a industrializar pueden cosecharse en un estado de madurez más avanzado que los destinados al consumo en fresco (Avante y Navarrete, 2013).

2.8.5.1 Índices de Cosecha

Las guayabas se cosechan en madurez fisiológica, en el estado verdemaduro (cambio de color del verde oscuro al claro) en países donde los consumidores las prefieren en este estado. En naciones donde los consumidores prefieren las guayabas maduras, las frutas se cosechan en estado firme-maduro a madurez media de consumo (más blandas) para un transporte de larga distancia, o bien en plena madurez de consumo (amarilla y blanda) para mercados locales (Avante y Navarrete, 2013).

En la figura 5 se muestran los diferentes estados de madurez del fruto de la guayaba.



Figura 5. Estados de madurez de la guayaba (Avante y Navarrete, 2013).

2.8.6 Propagación

La forma más adecuada de propagación es utilizando material de vivero injertado con variedades sobre patrones nativos seleccionados para estimular su producción, las plantas injertadas de variedades seleccionadas son extremadamente precoces en cuanto a producción de frutos se estima en un tiempo no menos de 4 meses, de ahí que la producción comercial alcanza a los tres años de establecimiento.

Semillas: Toman entre 2 a 3 semanas para germinar en algunos casos son sometidos a tratamientos químicos para mejorar su germinación, las plántulas se trasplantan cuando tienen entre 30 a 40 cm de altura, el gran inconveniente que existe es que su producción no garantiza calidad de los frutos debido a la variabilidad de descendencia.

Estacas de raíces: Es una de las más usadas consiste en cortar esquejes de 10 a 20 cm de largo los mismos que se deja enraizar en el suelo húmedo, una vez que la planta brota se trasplanta a fundas u otros envases hasta que estén listas para sembrar.

Acodo: Se toma una rama de 35 a 40 cm de longitud del cual se saca un anillo de corteza al cual se aplica un producto a base de auxina para facilitar el enraizamiento se envuelve en papel aluminio o plástico sin permitir el paso de la luz que al cabo de 45 días este enraíza y se trasplanta a fundas u otros envases.

Injertos: Se realiza generalmente de las yemas de la planta estas se extraen una vez que la planta se encuentre en estado adulto (Concha Guaila, 2012).

2.8.7 Composición nutricional

Su componente mayoritario es el agua posee bajo valor calórico, por su escaso aporte de hidratos de carbono, proteínas y grasas. Destaca su contenido en vitamina C (en algunas variedades puede ser el equivalente al zumo de 4 a 5 naranjas). Aporta en menor medida otras vitaminas del grupo B (sobre todo niacina o B3, necesaria para el aprovechamiento de los principios inmediatos, hidratos de carbono, grasas y proteínas). Si la pulpa es anaranjada, es más rica en provitamina A (carotenos) (Zamora y Gonzáles, 2011). En el cuadro 4. Observamos la composición nutricional de la guayaba (*Psidium guajava*) en base a 100 g.

Cuadro 4. Composición nutricional de la guayaba en base a 100 g.

Composición guayaba	
Porción comestible	82%
Energía	51 Kcal
Humedad	86.10%
Proteínas	0.8g
Grasas	0.6 g
Carbohidratos	11.9g
Fibra	5.6 g
Calcio	20 mg
Hierro	0.3 mg
Fosforo	25 mg
Retinol	32 mg
Acido ascórbico	183 mg
Tiamina	0.1 mg
Niacina	1.2 mg

Fuente: Ángel, 2015

2.8.8 Utilidades y beneficios

La guayaba se come cruda directamente, pero se prefieren sin las semillas y servidas en rodajas como postre o en ensaladas comúnmente, la fruta se cocina, por su delicioso sabor y aporte de grandes beneficios en nuestro organismo, es un ingrediente indiscutible en recetas de repostería.

Efecto antiespasmódico, debido a la acción antagonista del ion Ca^{+} en la contracción de la fibra muscular intestinal y uterina, lo que explica su

utilidad para eliminar la diarrea, el cólico intestinal y cólico menstrual en unos cuantos minutos.

- Efecto antiinflamatorio intestinal, mediante su acción sobre la cascada de prostaglandinas, lo que explica su utilidad para reducir los procesos inflamatorios gastrointestinales en la colitis aguda y crónica.

- Efecto antimicrobiano, debido a sus moderadas propiedades anti bióticas, ante todo sobre bacterias patógenas comunes que provocan alteraciones del peristaltismo (estreñimiento acompañado de episodios de diarrea) o por el consumo de productos contaminados.

- La propiedad antioxidante, neutralizando a los radicales libres del organismo que explica su efecto curativo de la irritación intestinal ocasionada por malos hábitos alimentarios (como el consumo excesivo de alcohol, picante, cafeína y refrescos gaseosos) y estrés, que dan origen al síndrome de colon irritable, impidiendo menor probabilidad de contraer cáncer (Concha Guaila, 2012).

2.8.9 Condiciones óptimas de almacenamiento

Para guayabas verde-maduras y parcialmente maduras 8-10°C, vida potencial de almacenamiento 2-3 semanas mientras que para guayabas completamente maduras 5-8°C y la vida potencial de almacenamiento 1 semana. La humedad relativa óptima para un adecuado almacenamiento es de 90-95% (Ángel, 2015).

2.8.9.1 Efectos de las atmósferas controladas (AC)

Los pocos estudios que se han hecho en guayaba indican que las concentraciones del 2 al 5% de oxígeno a una temperatura de 10°C pueden retrasar la maduración de las frutas en estado verde -maduro y con madurez parcial de consumo (Ángel, 2015).

2.8.10 Empaque y transporte

La ubicación de los cultivos, sus vías internas, el acceso a la vía principal, la distancia y el estado de las mismas hacia el centro de acondicionamiento y empaque son aspectos que se deben evaluar para que los productos de origen biológico puedan estar en el mínimo tiempo posible bajo condiciones controladas.

Para trasladar el producto desde del cultivo al centro de acondicionamiento, se recomienda el uso de remolques, camionetas o camiones adecuados para tal fin. La disponibilidad de techo falso o de doble cubierta, carpa térmica y/o cortinas laterales de corredera para una fácil y rápida operación de cargue y descargue son elementos que mantienen la temperatura de almacenamiento de la fruta. Estos equipos deben mantenerse limpios y desinfectados, además de contar con un buen sistema de amortiguación: llantas a baja presión, piso nivelado y superficie lisa de tal forma que se puedan manipular fácilmente las bandejas o estibas.

En el traslado de frutas a granel se recomienda el uso de esterilla o material vegetal sobre la plataforma del vehículo de tal forma que se eviten temperaturas extremas y se amortigüen los golpes de los productos durante el desplazamiento (Codex Alimentarius, 1995).

2.8.11 Principales causantes de daños

Los principales causantes de los daños en los frutos agrícolas, pueden ser térmicos, biológicos físicos y mecánicos, para el caso de daños mecánicos, estos pueden dividirse de la siguiente manera:

- Impacto, que ocurre durante la cosecha y las siguientes operaciones de manipulación cuando un fruto se golpea contra una superficie. Muchas veces estos golpes resultan de los golpes en los contenedores o en los empaques.

- Compresión, al igual que el anterior provoca magulladuras o fracturas que se manifiestan generalmente entre frutos al meterlo al contenedor, o por cargas excesivas cuando se transporta a granel sometándolo a presión excesiva.
- Abrasión, producto del rozamiento entre los frutos y que se manifiesta con el levantamiento, separación o remoción de la epidermis.
- Por vibración, la causa del daño se debe a la repetitiva fatiga a la que se somete al material, teniendo como resultado la ruptura en el fruto (Yam, 2010).
- Para el caso de la guayaba, los daños mecánicos son muy determinantes en la calidad del producto, daños que en ocasiones es imposible detectarlos a simple vista, pero a medida que el fruto vaya terminando su vida de anaquel se obtiene pérdida de calidad que repercute en cuestiones económicas (Yam, 2010).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

La etapa experimental del presente trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", en el Laboratorio 1 del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

3.1 Etapa experimental I. Elaboración y caracterización de un recubrimiento comestible a base de goma guar y aceite de oliva.

3.1.1 Preparación de la formulación

Se preparó la formulación del recubrimiento comestible; en 100 mL de solución, 1.5% de goma guar (GG), glicerol 30% (Gly), sorbato de potasio 0.5% y aceite de oliva (AO) al 10%. En una parrilla de calentamiento en agitación (400 rpm) se colocaron 100 mL de H₂O destilada a una temperatura 45-50°C. Posteriormente se colocó una barra magnética para agitación, agregándose el glicerol al 30%, el sorbato de potasio al 0.5%, luego el aceite de oliva al 10% y el tween a la misma concentración que el aceite de oliva al 10%.

La solución se mantuvo en agitación hasta disolver visiblemente el aceite, se dejó enfriar hasta alcanzar una temperatura de 20-25°C. Se colocó nuevamente en agitación sin calentamiento y se adicionó la goma guar 1.5% hasta observar la disolución completa, homogénea y sin grumos de todos los componentes. En la figura 6, se muestra la elaboración del recubrimiento comestible.



Figura 6. Elaboración del recubrimiento comestible.

3.1.2 Aplicación del recubrimiento a las guayabas

Una vez formada el recubrimiento, se aplicó a la guayabas por inmersión, para después dejarlo secar por varias horas con ventilación, como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Recubrimiento comestible aplicado a frutos de guayaba.

3.2 Etapa experimental II

3.2.1 Evaluación microbiológica

Se prepararon los medios de cultivo (PDA y Cuenta estándar). Se esterilizó el material a utilizar como, navaja, gasas, tubos, frascos, puntillas de plástico, y cada uno de los medios (PDA y Cuenta estándar), el ácido tartárico y el agua peptonada (estos últimos por separado). Una vez esterilizados los medios se vaciaron en cajas Petri y se dejaron enfriar hasta solidificar y finalmente se etiquetaron las cajas de acuerdo a cada tratamiento o control (identificando las diluciones de -2, -3 y -4).

Por otro lado las guayabas de cada tratamiento o control (t1: guayabas con recubrimiento a temperatura ambiente 22 a 25°C; t2: guayabas controles sin recubrimiento a temperatura ambiente 22 a 25°C; t3: guayabas con recubrimiento a temperatura de refrigeración 11°C; t4: guayabas controles sin recubrimiento a temperatura de refrigeración 11°C), por duplicado se pelaron con una navaja estéril y se ocupó la cubierta de las mismas (10 g) para homogeneizarse con 90 mL de agua peptonada empleando un procesador Master Chef por un tiempo de 3 minutos. Una vez homogeneizada las muestras se filtran a través de una manta estéril.

Se hicieron las diluciones para la cuenta microbiana como se muestra en la figura 8. Se sembraron en las cajas Petri (para cuantificar la población de bacterias aeróbicas totales incubándose a 37°C durante 24 horas. Para la población de hongos y levaduras se utilizó el medio Agar papa dextrosa (PDA), y las cajas Petri se incubaron a 25 °C durante 72 horas).

Se realizó la evaluación microbiológica de las guayabas recubiertas y controles expuestos a las temperaturas de 11 ° C (refrigeración) y 25°C (ambiente). La evaluación se hizo cada 5 días durante 20 días, los resultados se expresan como log CFU/mg.

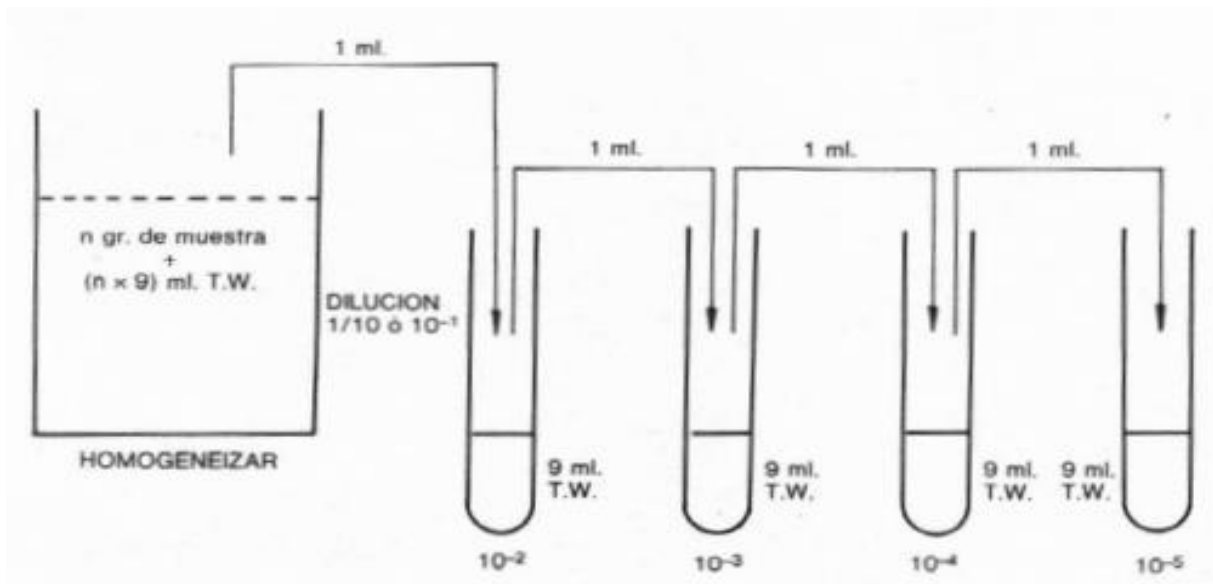


Figura 8. Preparación de diluciones decimales.

3.3 Etapa experimental III

3.3.1 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial consistió en evaluar las características de apariencia, frescura, olor, sabor, dulzura, dureza o suavidad y jugosidad durante el almacenamiento por jueces entrenados. Los panelistas evaluaron la calidad de las guayabas con y sin recubrimiento, utilizando la prueba hedónica con una escala de 9 puntos: 8-9, muy bueno; 6-7, bueno; 4-5, normal; 2-3, mala; y 1, muy mal, estas evaluaciones se realizaron cada tercer día durante 9 días.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Etapa experimental I. Elaboración y caracterización de un recubrimiento comestible a base de goma guar y aceite de oliva.

4.1.1 Preparación de la formulación

El recubrimiento se logró obtener de acuerdo a la formulación reportada por Ángel (2015), a base de goma guar y aceite de oliva.

El haber añadido el aceite de oliva a nuestra formulación hizo que actuara como excelente barrera al vapor de agua, redujo la transpiración, pérdida de agua, abrasión en la manipulación posterior y mejoró el brillo y el sabor de las guayabas, tal como menciona Figueroa (2011).

Al agregar el aceite a la formulación la temperatura se aumentó, esto es debido a que cuando se preparan los recubrimientos mediante la técnica de emulsión, durante la etapa de secado es posible que se produzca un proceso de cremado de los lípidos hacia la superficie, debido a su baja densidad y a su baja capacidad emulsionante del polímero que actúa como matriz soporte (Park, 1994).

Al agregar la goma guar a la formulación se observó que tiene un efecto espesante e incrementó viscosidad, además multiplicó su tamaño al disolverla en el agua no mayor a una temperatura de 40°C, ya que de lo contrario se condensaba y no se disolvía completamente y aparecían grumos.

Coincidimos con lo que Ramírez, (2015) reportó, mencionando que la viscosidad que la goma guar imparte a la solución depende del tiempo, temperatura, concentración, pH, fuerza iónica y tipo de agitación.

4.2 Etapa experimental II

4.2.1 Evaluación microbiológica

Los resultados se analizaron con el paquete estadístico JMP versión 5.0.1 aplicando un análisis de varianza y en caso de existir diferencia significativa se realizó la prueba de Tukey para comparación de medias.

La evaluación microbiológica se realizó cada 5 días durante 20 días.

El análisis estadístico demuestra que sí hubo diferencias significativas a una $p > 0.05$ en las bacterias mesófilas aerobias entre los tratamientos de TCR (tratamiento control refrigeración) y TCA (tratamiento control ambiente) con una media de 94481.1789 UFC/mg para TCR y 86378.1957 UFC/mg para TCA.

En cambio en los tratamientos de TPR (tratamiento con recubrimiento a temperatura de refrigeración) y TPA (tratamiento con recubrimiento ambiente), no se encontró diferencia significativa a una $p > 0.05$ con una media de 41281.9451 UFC/mg para TPR y 29539.8655 UFC/mg para TPA.

Para los hongos y levaduras sí hubo diferencias significativas a una $p > 0.05$ entre los tratamientos de TCR (tratamiento control refrigeración) y TCA (tratamiento control ambiente) con una media de 139153.057 UFC/mg para TCR y 134675.846 para TCA.

En cambio en los tratamientos de TPR (tratamiento con recubrimiento) y TPA (tratamiento con recubrimiento ambiente), no se encontró diferencia significativa a una $p > 0.05$ con una media de 32633.7894 UFC/mg para TPR y 63955.3621 UFC/mg para TPA.

En el cuadro 5 se presentan los resultados concentrados del análisis microbiológico.

Cuadro 5. Resultados concentrados del análisis microbiológico mediante análisis de varianza

Tratamiento	Medias Tukey	
	Bacterias mesófilas aerobias UFC/mg	Hongos y levaduras UFC/mg
Guayaba control ambiente (TCA)	86378.1957 a	134675.846 a
Guayaba con recubrimiento ambiente (TPA)	29539.8655 b	63955.3621 b
Guayaba control refrigeración (TCR)	94481.1789 a	139153.057 a
Guayaba con recubrimiento refrigeración (TPR)	41281.9451 b	32633.7894 b

Los valores son las medias de Tukey de los resultados de la evaluación microbiológica. Las letras iguales en la misma indican que no hubo diferencias significativas estadísticamente ($P > 0.05$).

Las mejores condiciones de almacenamiento para las guayabas que consideramos que es la mejor de acuerdo a los resultados obtenidos es la que tiene recubrimiento con temperatura de refrigeración, lo cual presenta una vida de anaquel de 10 días. Coincidimos con lo que Ángel (2015) observó siendo las condiciones óptimas de almacenamiento para guayabas completamente maduras es a una temperatura de 5-8°C prolongando la vida de anaquel hasta por 1 semana.

En la figura 9, se muestran ambos tratamientos testigo (S, abajo) y con recubrimiento (R, arriba) al momento de aplicación del recubrimiento a las guayabas tomando en cuenta que las guayabas se encontraban en estado de madurez comercial.

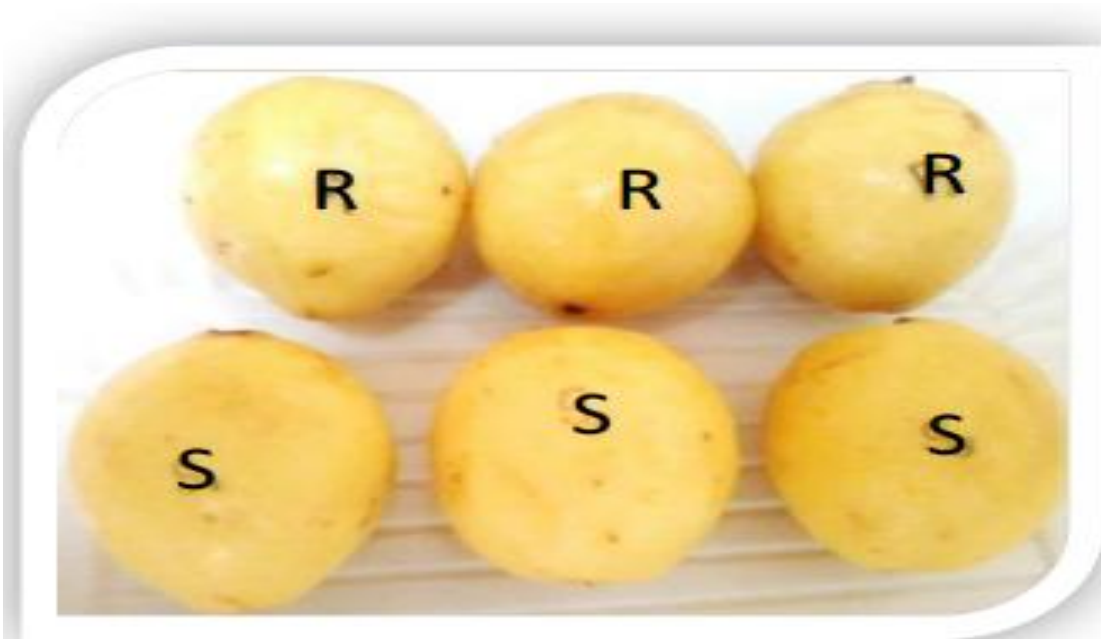


Figura 9. Frutos de guayaba con recubrimiento y testigo

En la figura 10, presenta la diferencia que existe entre las guayabas con y sin recubrimiento de cada tratamiento en el día 15 de almacenamiento.



Figura 10 a. Guayaba testigo temperatura ambiente



Figura 10 b. Guayaba recubrimiento temperatura ambiente



Figura 10 c. Guayaba testigo refrigeración



Figura 10d. Guayaba recubrimiento refrigeración

Figura 10. Diferencias entre los tratamientos al día 15.

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos mencionar que sí coincidimos con Ángel (2005), porque hemos obtenido resultados similares, ya que en el día 15 de almacenamiento las guayabas testigo almacenadas a temperatura ambiente y refrigeración se pueden apreciar que no tuvieron una buena presentación visual, menor textura, el color es completamente diferente, en cambio en aceptabilidad global es mucho mejor las que están con recubrimiento, tanto para ambiente como para refrigeración por las características que presenta. Pero de manera general presenta mejor apariencia la de refrigeración.

Es importante mencionar que un recuento de bacterias mesófilas aerobias refleja la calidad sanitaria de un alimento, las condiciones de manipulación, las condiciones higiénicas de la materia prima y la calidad del alimento.

Para ello se realizó el conteo de bacterias mesófilas aerobias para cada tratamiento tomando en cuenta el tiempo de almacenamiento y la adecuada manipulación higiénica de las guayabas.

El recuento de mesófilos nos indica las condiciones de salubridad de algunos alimentos (Quiminet.com, 2012).

En la figura 11, ilustra las colonias de microorganismos en medio PDA en el día 15 de observación.



Figura 11 a. Tratamiento control ambiente

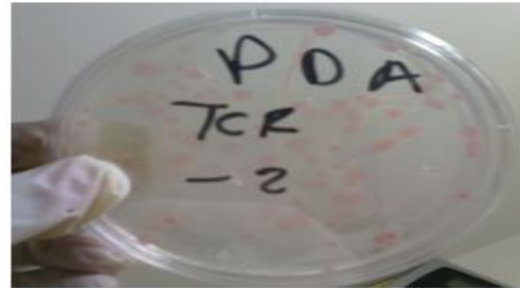


Figura 11b. Tratamiento control refrigeración

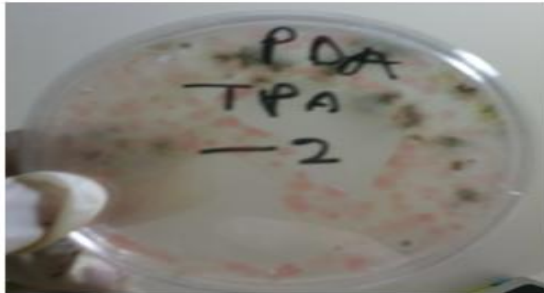


Figura 11c. Tratamiento recubierta ambiente

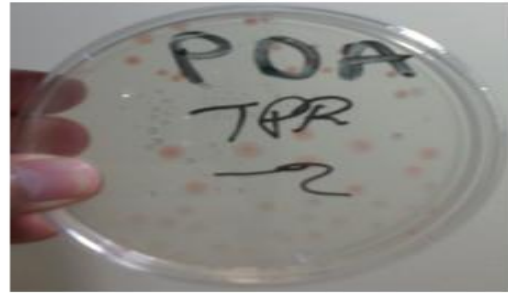


Figura 11d. Tratamiento recubierta refrigeración

Figura 11. Colonias de microorganismos en medio PDA

Se puede apreciar con claridad que hay menor concentración de hongos en los tratamientos con refrigeración, tanto para control como para recubrimiento. Coincidimos con Sangerman y Larqué (2013), ellos reportaron que los hongos engloban los mohos y las levaduras y cuyo crecimiento en un alimento se reconoce por su aspecto aterciopelado cuando crecen en los alimentos forman colonias características. Esto sucedió en nuestros tratamientos para el día 15 de almacenamiento.

4.3 Etapa experimental III

4.3.1 Evaluación sensorial

La prueba que se aplicó fue una prueba hedónica con una escala de nueve puntos. El diseño del experimento fue en bloques completamente al azar. Los resultados obtenidos se analizaron con el paquete estadístico Minitab 15 aplicando

un análisis de varianza y en caso de existir diferencia significativa se realizó la prueba de Anova y Tukey para comparación de medias.

Estadísticamente nos dice que sí hubo diferencias significativas a una $P > 0.05$ entre las muestras en los atributos de aceptación global, apariencia, frescura y textura. En cambio en los atributos de olor, sabor y dulzor los panelistas o jueces no detectaron diferencia significativa a una $P > 0.05$.

De acuerdo a los resultados que se muestra en el cuadro 6, nos indican que las guayabas con recubrimientos son más eficaces ya que los recubrimientos actúan como una barrera adicional de protección para mantener la calidad y estabilidad de las guayabas.

Coincidimos con Krochta y De Mulder-Johnson (1997), ya que hicieron mención que la principal función de los recubrimientos es mejorar su color, brillo, apariencia, suavidad, controla su maduración y retarda la pérdida de agua en los alimentos.

Cuadro 6. Resultados concentrados del análisis sensorial mediante análisis de varianza

Tratamiento	Atributo						
	Aceptación global	Apariencia	Olor	Sabor	Frescura	Dulzor	Textura
Guayaba sin recubrimiento	6.17 ± 1.23 b	6 ± 1.36 b	6.52 ± 1.41 a	5.9 ± 1.3a	6.2 ± 1.21 b	6 ± 1.54 a	5.52 ± 1.50 b
Guayaba con recubrimiento	7.88 ± 0.92 a	7.5 ± 1.06 a	7.2 ± 1.31a	6.6 ± 1.11a	7.4 ± 1.06 a	7 ± 1.54 a	7.2 ± 0.75 a

Los valores son las medias y ± DS de los juicios de 17 jueces semientrenados. Las letras iguales en la misma indican que no hubo diferencias significativas estadísticamente ($P > 0.05$).

De acuerdo al análisis estadístico podemos mencionar que son mucho mejor las guayabas con recubrimientos comestibles, ya que el nivel de agrado fue mayor que los controles considerando la escala utilizada para evaluar.

Para ello coincidimos con lo que Hernández (2015), reportó relacionado a la evaluación sensorial como un instrumento con gran eficacia para el control de calidad y aceptabilidad de un alimento a través de los sentidos de las personas.

Para ello los panelistas o evaluadores analizaron parámetros sensoriales como sabor, olor, aceptación global, textura, apariencia y frescura, haciendo uso de sus sentidos, para poder definir la aceptación o rechazo de las guayabas.

CONCLUSIONES

Se evaluó la calidad microbiológica en los frutos de guayaba en los diferentes tratamientos: TCA (tratamiento control ambiente); TCR (tratamiento control refrigeración); TPA (tratamiento con recubrimiento a temperatura ambiente) y TPR (tratamiento con recubrimiento a temperatura de refrigeración), donde se encontró que el uso de recubrimientos a base de goma guar y aceite de oliva presentó menor pérdida de color (brillo) y mantuvieron mejor la firmeza que los frutos testigos almacenados a temperatura de refrigeración.

De acuerdo al análisis sensorial el aplicar el recubrimiento comestible a base de goma guar y aceite de oliva, los niveles de agrado otorgado por los panelistas fueron mayores en los atributos de aceptación global, apariencia, frescura y textura, contra los tratamientos controles tanto a temperatura ambiente como en refrigeración.

BIBLIOGRAFÍA

Altenhofen Mario, Krause Guenter Timoteo. 2009. Alginate and pectin composite films crosslinked with Ca^{+2} ions: Effect of the plasticizer concentration. Carbohydrate polymers. Science direct. 77, 736 - 742.

Ángel Espinoza Norma. 2015. Efecto de un recubrimiento comestible funcional a base de goma guar sobre la calidad postcosecha de guayaba. Tesis licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Arvanitoyannis Isabel, Psomiadou Emmanuel, Nakayama Aiba. 1997. Edible films made from gelatin, soluble starch and polyols, Part 3. Food Chemistry. Science Direct. 60 (4), 593 – 604.

Avante Juárez Rafael Adrián, Navarrete Prida Jesús Alfonso. 2013. Cultivo y cosecha de la guayaba. [En línea] citado el 18 de mayo del 2016. Disponible en: http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/publicaciones/prac_seg/prac_chap/PS_Cultivo_Guayaba.pdf.

Bosquez-Molina Emmanuel Tomás, S. A., Rodríguez-Huezo, María Elena. 2010. Influence of CaCl_2 on the water vapor permeability and the surface morphology of mesquite gum based edible films. LWT-Food Science and Technology. Science Direct 43, 1419 – 1425.

Chambi Himelda, Grosso Carlos. 2006. Edible films produced with gelatin and casein cross-linked with transglutaminase. Food Research International. 39, 458 – 456.

Codex Alimentarius. 1995. Normas de calidad. [En línea] citado el 2 de mayo del 2016. Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Tecnologia/tecnologia/Ficha_07_PeliculaComestible.pdf.

Concha Guilla Mónica J. 2012. Estudio del procesado de rehidratación de la guayaba (*Psidium guajaba*) deshidratada. Tesis de grado. Riobamba, Ecuador.

Cubero Nidia, Monferrer Alba, Villalta José, 2003. Aditivos Alimentarios. Colección Tecnología de alimentos. Madrid: A. Madrid Vicente- Mundi - Prensa. Pp.189-207.

Figuroa Jorge. 2011. Recubrimientos comestibles en la conservación de mango y aguacate, al uso del propóleo en su formulación. Tesis 2005. Colombia. Pp. 72.

Hernández Hernández Cristian. 2015. Extracción y cuantificación de compuestos fenólicos en cascara de rambután (*Nephelium lappaceum*) para la implementación en la industria alimentaria como una infusión (bebida funcional). Tesis licenciatura. Saltillo, Coahuila, México.

Jay Juana Maria. 1991. Modern Food Microbiology. Chapman y Hall. New Cork. Revista Mexicana. Pp.188.

Krochta Jose , De Mulder-Johnston C. 1997. Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and Opportunities. Food Technol. 51(2). Pp. 61-74.

Maftoonazad, N., Ramaswamy, H. S., Moalemiyan M., Kushalappa, A. C. 2007. Effect of pectin-based edible emulsion coating on changes in quality of avocado exposed to *Lasiodiplodia theobromae* infection. *Carbohydrate Polymers*. 68, 341 – 349.

Márquez Sofía. 1974. El problema de la interacción Genético-Ambiental en Geotecnia Vegetal. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Pp. 113.

Morales Roblero Miguel. 2014. Generalidades y aplicación de películas y recubrimientos comestibles en la cadena hortofrutícola. Tesis Licenciatura. Saltillo Coahuila, México.

Morillon Viana, Debeaufort Fausto, Bond Gregorio, Capelle Moisés. 2002. Factors affecting the moisture permeability of lipid – based edible films: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 42 (1), 67 – 89.

Miramont López Sofía. 2012. Recubrimientos elaborados a partir de biopolímeros para el soporte de sustancias con actividad antimicrobiana: carvacrol y sorbatos. *Science Direct. Revista Mexicana*. Pp. 384.

Quintero Cardona Juan. 2010. Importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga*. México. Pp. 93-118.

Quiminet.com. La versatilidad de la glicerina. [En línea]. Consultado el 02/05/16. Disponible en la página web: <http://www.quiminet.com/articulos/la-versatilidad-de-la-glicerina-2721819.htm>.

Ramírez Pérez Alejandra. 2009. Propiedades funcionales de la guayaba. Revista Interciencia. Vol. 34 n° 4. Pp 209.

Ramírez Rodríguez Eunice. 2015. 50 alimentos ricos en fibra. [En línea] citado el 2 de mayo del 2016. Disponible en: <http://laquiadelasvitaminas.com/alimentos-ricos-en-fibra-2/>.

Rojas Graü María Alejandra. 2006. Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada: una nueva estrategia de conservación. Revista Mexicana. Pp. 111-147.

Parra Daniel, Tadini Contreras Carlos, Ponce Peralta Pedro. 2004. Mechanical properties and water vapor transmission in some blends of cassava starch edible films. Carbohydrate polymers, 58, 475 – 481.

Ponce, A. G., Roura S. I., del Valle C. E., Moreira M. R. 2008. Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: in vitro and in vivo studies. Postharvest Biology and Technology, (49) 294 – 300.

SAGARPA. 2008. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP, SIACON, Anuario Agrícola. [En línea] citado el 15 de mayo del 2016. Disponible en: www.siap.sagarpa.gob.mx.

Salazar del Carmen Francisco. 1997. Valoración de características para la formación de un arquetipo de guayaba apto para un ambiente no restrictivo. Tesis doctorado en ciencias. Colegio de posgraduados. Montecillo, Estado de México. Pp. 176.

Sánchez Ortencia y García María. 2014. Antimicrobial edible films and coatings for meat and meat products preservation. The scientific world journal. Pp. 1-18.

Sánchez Morales Luis. 2014. Agar dextrose y papa. [En línea] citado el 18 de mayo del 2016. Disponible en: <http://www.probiotek.com/producto/agar-de-dextrosa-y-papa/>.

Sangerman Jarquín Dora Ma. y Larqué Saavedra Bertha Sofía. 2013. Producción de guayaba [*Psidium guajava* (L.) Burm.]; revista mexicana de ciencias Agrícolas. vol.4 no.7 Texcoco. Pp. 205.

Sobral, P. J., Menegalli, F. C., Hubinger, M. D., Roques, M. A. 2001. Mechanical water vapor barrier and thermal properties of gelatin based edible films. Food Hydrocolloids. 15, 423 – 432.

Sofos, J.N.1989. Sorbate Food Preservatives. CRC Press, Inc.; Boca Raton; USA. Scirnce Direct. Pp.83.

Vargas Morales María. 2008. Recubrimientos comestibles a base de quitosano: Caracterización y aplicación. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.

Velázquez Moreira Juan, Guerrero Beltrán Israel. 2016. Investigaciones recientes en recubrimientos comestibles aplicados en alimentos. Revista en ingeniería química. Puebla, México. Pp. 157.

Yago Pérez Román. 2016. Nutrición humana y dietética. Tesis licenciatura. Texcoco, México.

Yam Tzec José Antonio. 2010. Importancia del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha. Tesis licenciatura UACH. Texcoco, México.

Zamora Raymundo, González Jazmín. 2011. Proyectos de la Guayaba. The dark days of nimzay. Qro. México. Revista mexicana de alimentos. Pp 201.

ANEXOS

- Evaluación microbiológico (JMP versión 5.0.1)

Bacterias mesófilas aerobias

]

ANOVA

Source	DF	Sum of squares	Mean square	F ratio	Prob>F
Model	15	2311.47197	154.098131	6.77663099	0.00000759
Error	28	636.709847	22.7396374		
C. Total	43	2948.18182	.	.	

Tukeys

Level		Least square	
TCR	A	94481.1789	
TCA	A	86378.1957	
TPR	A	B	41281.9451
TPA		B	29539.8655

□

Hongos y levaduras

ANOVA

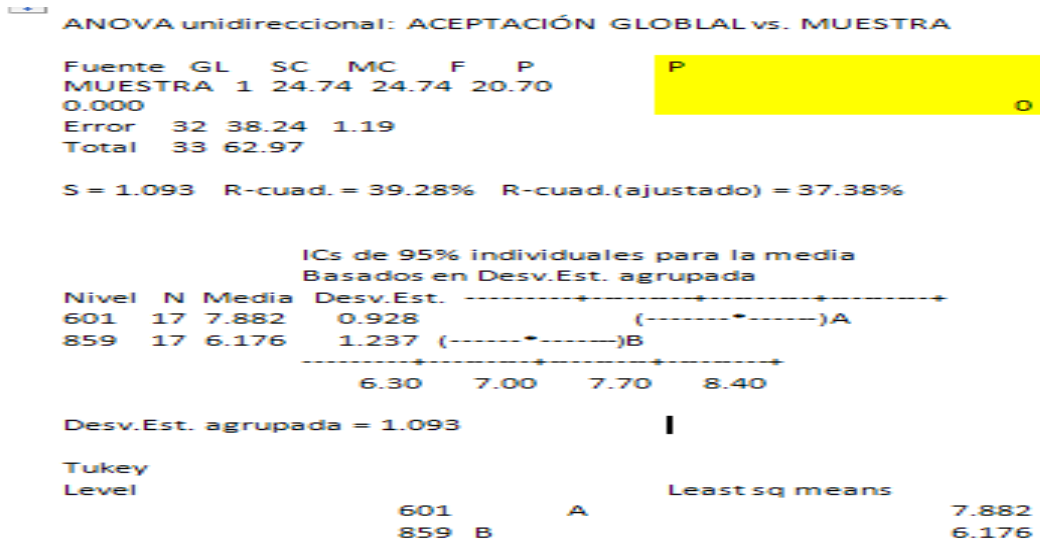
Source	DF	Sum of squares	Mean square	F ratio	Prob>F
Model	15	3236.68814	215.779209	3.19496792	0.00328693
Error	30	2026.11621	67.5372069		
C. Total	45	5262.80435			

Tukeys

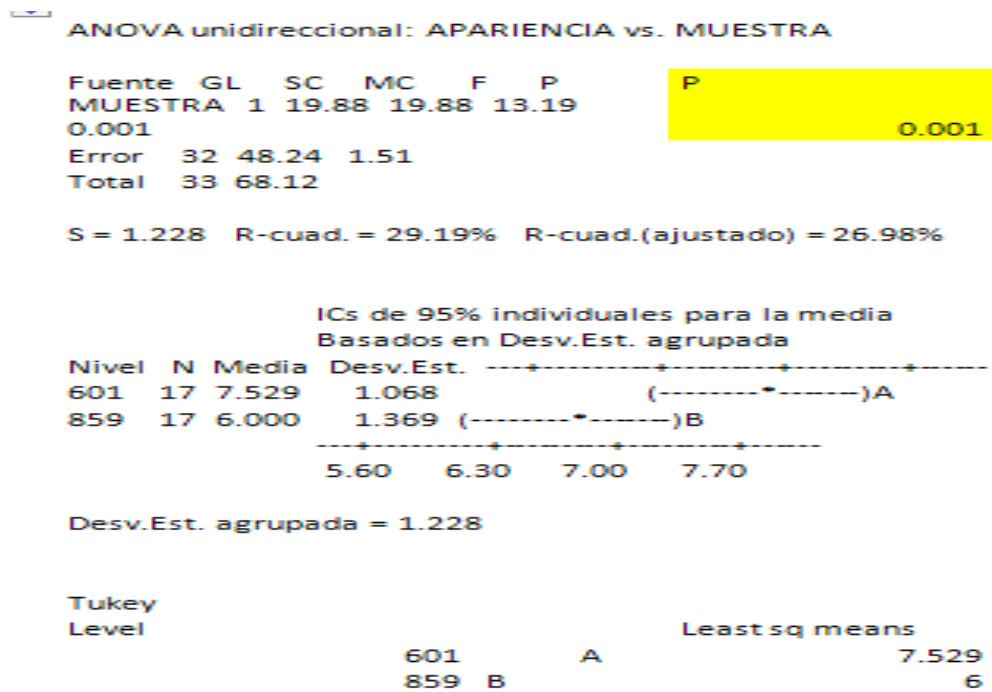
Level			Least square
TCR	A		139153.057
TCA	A		134675.846
TPA	A	B	63955.3621
TPR		B	32633.7894

- Evaluación sensorial (Minitab 15)

Atributo: Aceptación global



Atributo: Apariencia



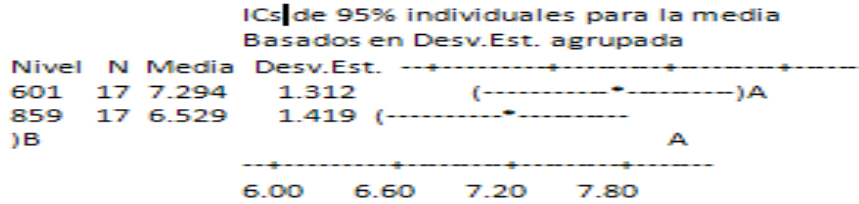
Atributo: Olor



ANOVA unidireccional: OLOR vs. MUESTRA

Fuente	GL	SC	MC	F	P
MUESTRA	1	4.97	4.97	2.66	0.113
Error	32	59.76	1.87		
Total	33	64.74			

S = 1.367 R-cuad. = 7.68% R-cuad.(ajustado) = 4.79%



Desv.Est. agrupada = 1.367

Tukey Level	Least sq means
601 A	7.294
859 A	6.529

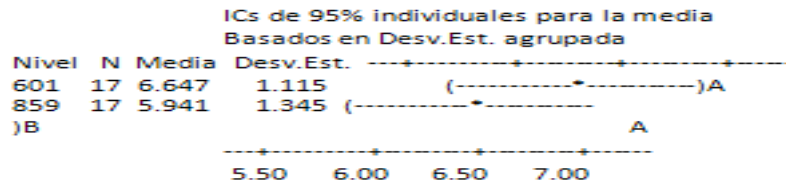
Atributo: Sabor



ANOVA unidireccional: SABOR vs. MUESTRA

Fuente	GL	SC	MC	F	P
MUESTRA	1	4.24	4.24	2.78	0.105
Error	32	48.82	1.53		
Total	33	53.06			

S = 1.235 R-cuad. = 7.98% R-cuad.(ajustado) = 5.11%



Desv.Est. agrupada = 1.235

Tukey Level	Least sq means
601 A	6.647
859 A	5.941

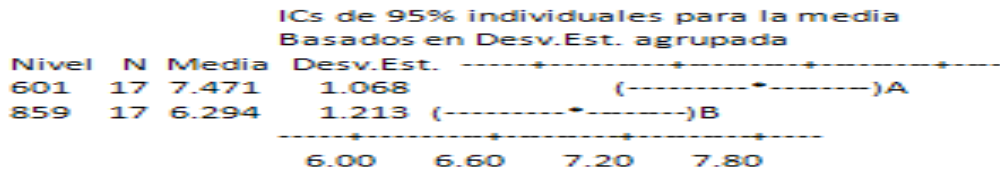
Atributo: Frescura



ANOVA unidireccional: FRESCURA vs. MUESTRA

Fuente	GL	SC	MC	F	P
MUESTRA	1	11.76	11.76	9.01	0.005
Error	32	41.76	1.31		
Total	33	53.53			

S = 1.142 R-cuad. = 21.98% R-cuad.(ajustado) = 19.54%



Desv.Est. agrupada = 1.142

Tukey Level	Least sq means
601 A	7.471
859 B	6.294

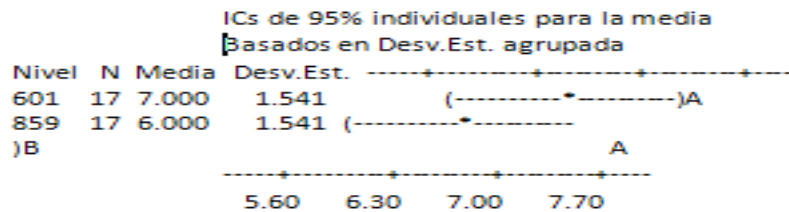
Atributo: Dulzor



ANOVA unidireccional: DULZOR vs. MUESTRA

Fuente	GL	SC	MC	F	P
MUESTRA	1	8.50	8.50	3.58	0.068
Error	32	76.00	2.38		
Total	33	84.50			

S = 1.541 R-cuad. = 10.06% R-cuad.(ajustado) = 7.25%



Desv.Est. agrupada = 1.541

Tukey Level	Least sq means
601 A	7
859 A	6

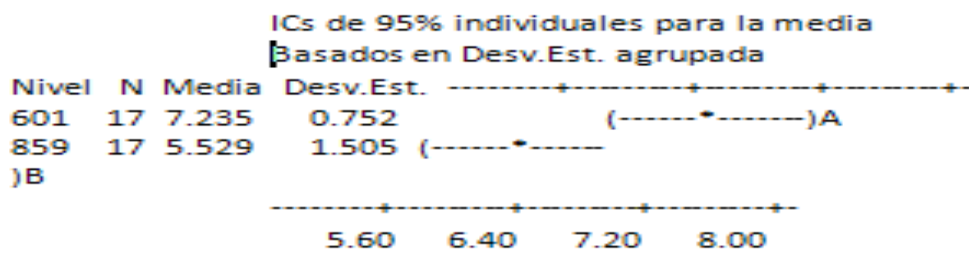
Atributo: Textura



ANOVA unidireccional: TEXTURA vs. MUESTRA

Fuente	GL	SC	MC	F	P
MUESTRA	1	24.74	24.74	17.48	0.000
Error	32	45.29	1.42		
Total	33	70.03			

S = 1.190 R-cuad. = 35.32% R-cuad.(ajustado) = 33.30%



Desv.Est. agrupada = 1.190

Tukey

Level	Least sq means
601 A	7.235
859 B	5.529