

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



EFFECTO DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE FUNCIONAL A BASE DE
GOMA GUAR SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE GUAYABA

Por:

NORMA ANGEL ESPINOZA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 2015

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

TESIS

EFFECTO DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE FUNCIONAL DE GOMA GUAR
SOBRE LA CALIDAD POSTCOSECHA DE LA GUAYABA.

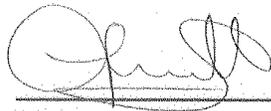
Por:

NORMA ANGEL ESPINOZA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

COMITÉ ASESOR



MC. Xochitl Ruelas Chacón
Asesor principal



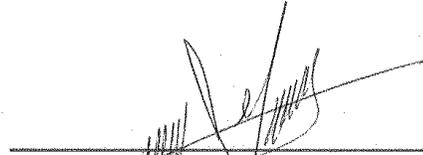
Dr. Jesús Alberto Mellado Del Bosque
Asesor



Dr. Julio Cesar Montañez Sáenz
Asesor externo



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla
Asesor



Dr. José Dueñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo 2015

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

Dr. Juan F. Aparicio Carli
Presidente

Dr. Juan Carlos Rodríguez
Vicepresidente

Dr. Juan Carlos Rodríguez
Vicepresidente

Dr. Juan Carlos Rodríguez
Vicepresidente

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS**, por permitir terminar mis estudios profesionales con salud y lograr una meta más en vida.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por ser nuestra magna casa de estudios donde realice mi carrera profesional.

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.

Al **Dr. Jesús Alberto Mellado del Bosque, Químico Oscar Noé Reboloso Padilla y al Dr. Julio Cesar Montañez Sáenz** por su importante colaboración y disponibilidad en la realización de esta investigación.

A todos los maestros (as) que en su momento me impartieron sus conocimientos durante el transcurso de mi formación profesional.

A mis compañeros por su apoyo, comprensión, cariño y sobre todo su amistad incondicional en esta etapa tan importante, en especial a mis amigos Catalina, Dulce, Lupita, Maribel, Miriam, Cristal, Yesenia, Eduardo, Robert y Antonio.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Roselia Espinoza y Vicente Ángel

Por darme el regalo más grande que es la vida, por su amor y cariño siempre, pero sobre todo por la educación que me brindaron, gracias por apoyarme incondicionalmente para terminar mis estudios profesionales, sin sus consejos no habría podido lograr esto, infinitamente estaré agradecida.

A mis hermanas (os):

Maricela, Lucía, Patricia, Cecilia, Andrea, Daniela, Vicente, Joel, René y Noé.

Por todo su cariño, amor y apoyo incondicional para la realización de mis estudios, por alentarme a seguir adelante en todas mis metas y por estar conmigo siempre. Lucía y Maricela muchas gracias por preocuparse por mí, por ayudarme a poder terminar mi carrera profesional, por no dejarme sola nunca y sobre todo por haber confiado en mí, de corazón gracias hermanas.

A mis sobrinas (os):

Omar, Santiago, Brisa, Ximena y Valeria

Por ser personas muy importantes en mi vida.

INDICE GENERAL

CAPITULO I.....	1
INTRODUCCION	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo general:	3
1.1.2 Objetivos específicos:	3
1.2 Hipótesis:.....	3
1.3 Justificación.....	4
CAPITULO II.....	5
REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Recubrimientos Comestibles.....	5
2.1.1 Definición	5
2.1.2 Importancia y funciones	5
2.1.3 Materiales y propiedades	8
2.1.4 Técnicas de aplicación para la obtención de recubrimientos	11
2.1.5 Aplicación de recubrimientos comestibles a frutas y hortalizas ..	11
2.1.6 El futuro de los recubrimientos comestibles.....	13
2.2 Goma guar	14
2.2.1 Aplicaciones de la goma guar en la industria alimenticia	15
2.3 Aceite de oliva	15
2.4 Sorbato de potasio	17

2.5 La guayaba.....	18
2.5.1 Origen	19
2.5.2 Distribución	19
2.5.3 Taxonomía	20
2.5.4 Fruto de la guayaba	20
2.5.5 Valor nutricional	21
2.5.6 Producción de guayaba situación mundial y nacional.....	22
2.5.7 Importancia económica.....	23
2.5.8 Cosecha.....	24
2.5.9 Postcosecha	25
2.5.10 Rendimiento.....	28
2.5.11 Empaque y transporte.....	28
2.5.12 Cambios asociados a la maduración	29
2.5.13 Tecnologías de conservación en fresco.....	32
CAPITULO III.....	34
METODOLOGIA.....	34
3.1 Etapa experimental I. Elaboración y caracterización de una película comestible a base de goma guar y aceite de oliva.	34
3.1.1 Preparación de la formulación	34
3.1.2 Formación de la película	35
3.2 Caracterización de las películas comestibles.....	35
3.3 Adición del antimicrobiano	37
3.4 Etapa experimental II. Aplicación de las películas a base de goma guar y aceite de oliva sobre frutos frescos de guayaba (<i>Psidium guajava</i>)	37
3.4.1 Tratamientos	37

3.4.2 Evaluación de parámetros físicos	37
3.4.3 Determinaciones químicas	38
CAPITULO IV	42
RESULTADOS Y DISCUSION	42
4.1 Etapa experimental 1. Elaboración y caracterización de la película comestible	42
4.1.1 Preparación de la formulación	42
4.1.2 Formación de la película	43
4.1.3 Caracterización de la película	43
4.1.3.1 Solubilidad	43
4.1.4 Adición del antimicrobiano	45
4.2 Etapa experimental 2. Aplicación de las películas a base de goma guar sobre frutos frescos de guayaba (<i>Psidium guajava</i>)	47
4.2.1 Tratamientos	47
4.2.2 Evaluación de parámetros físicos	47
CONCLUSIONES.....	59
BIBLIOGRAFIA	60
ANEXOS	66

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Requerimientos de las películas comestibles aplicadas en alimentos....	6
Cuadro 2. Propiedades funcionales de las películas comestibles.....	7
Cuadro 3. Clasificación taxonómica de la guayaba.....	20
Cuadro 4. Composición nutricional de la guayaba en base a 100g	21
Cuadro 5. Producción nacional de guayaba	22
Cuadro 6. Índices de calidad en frutos de guayaba	25
Cuadro 7. Efecto de la temperatura sobre la velocidad de respiración	31
Cuadro 8. Formulaciones del recubrimiento comestible	35
Cuadro 9. Espesores promedio de las películas comestibles	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Funciones selectivas de las películas comestibles	8
Figura 2. Estructura molecular de la goma guar	14
Figura 3. Estructura química del sorbato de potasio	18
Figura 4. Estados de madurez de la guayaba.....	24
Figura 5. Formulación del recubrimiento comestible.....	34
Figura 6. PBI Dansensor analizador de gas, Checkmate II, Denmark	41
Figura 7. Solubilidad en las películas comestibles	43
Figura 8. Contenido de humedad.....	44
Figura 9. Recubrimiento comestible aplicado a frutos de guayaba	46
Figura 10. Pérdida de peso	48
Figura 11. Frutos de guayaba con recubrimiento y testigo	48
Figura 12. Colorimetría parámetro L*	49
Figura 13. Colorimetría coordenada a*	50
Figura 14. Colorimetría coordenada b*	51
Figura 15. Firmeza en los frutos.....	52
Figura 16. Contenido de sólidos solubles totales	53
Figura 17. Determinación de pH	54
Figura 18. Contenido de ácido cítrico.....	55
Figura 19. Contenido de vitamina C	56
Figura 20. Velocidad de respiración.....	57
Figura 21. Frutos de guayaba al día 12 de almacenamiento a temperatura ambiente	58

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	32
Ecuación 2	36
Ecuacion 3	36
Ecuacion 4	39
Ecuacion 5	40
Ecuacion 6	41

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el efecto del recubrimiento comestible funcional de goma guar sobre las características de calidad postcosecha de guayaba (*Psidium guajava*). Para la caracterización de la película comestible se evaluaron cuatro formulaciones (A, B, C y D) en base al contenido de lípido (aceite de oliva) que se agregó, analizando los parámetros de; solubilidad, humedad y espesor. La formulación que presentó mejores resultados en cuanto a solubilidad y humedad fue la B (1.5% goma guar, 30% glicerol y 10% de aceite de oliva). Para darle mayor efectividad contra microorganismos a la formulación, se agregó un antimicrobiano (0.5% sorbato de potasio). Se tomaron las muestras de frutos de guayaba en estado de madurez de consumo dividiéndolos en dos grupos; recubrimiento y testigo, para evaluar el efecto en la calidad postcosecha durante 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente 23 °C. El análisis estadístico para la segunda etapa consistió en analizar tres variables físicas de las guayabas; color, peso y firmeza, también variables químicas; vitamina C, acidez titulable, pH, sólidos solubles y velocidad de respiración. El diseño utilizado fue un factorial con interacción, además de una prueba de Duncan para la separación de medias. El uso de recubrimientos a base de goma guar redujo visiblemente los signos postcosecha en frutos de guayaba, estos presentaron menor pérdida de color (brillo) y retuvieron mejor la firmeza que los frutos testigo. El análisis estadístico arrojó diferencias significativas ($p < 0.01$) respecto al tiempo de almacenamiento en sólidos solubles, acidez titulable y vitamina C, en cuanto a la aplicación del recubrimiento se presentó diferencia significativa ($p < 0.01$) en vitamina C y acidez titulable. El uso del recubrimiento comestible a base de goma guar permitió duplicar la vida de anaquel de frutos de guayaba almacenados a temperatura ambiente.

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

Correo electrónico; norma angel espinoza, mizzy_norma@hotmail.com

CAPITULO I

INTRODUCCION

En la actualidad los consumidores demandan alimentos naturales y derivados de apariencia natural y con un valor nutricional semejante al de los productos frescos, sin aditivos químicos, microbiológicamente seguros de una elevada calidad y que, al mismo tiempo, estén listos para su consumo de forma inmediata. Por este motivo, en los últimos años se han llevado a cabo muchos trabajos acerca del desarrollo y utilización de películas o recubrimientos comestibles para mejorar la conservación y calidad de diversos alimentos frescos, transformados o congelados.

La aplicación de técnicas que permitan controlar los factores alterantes en frutas y hortalizas frescas cortadas es actualmente el modelo principal de muchas investigaciones en el campo de ciencia y tecnología de los alimentos.

Según la Food and Drug Administration de EEUU (FDA, 2006), los recubrimientos comestibles son aquellos formados a partir de formulaciones que contengan aditivos permitidos para su uso alimentario.

Los recubrimientos comestibles pueden ser elaborados a partir de diferentes polímeros alimenticios. Son usados como cubiertas de alimentos o como parte de los componentes de un empaque sintético, presentando propiedades adecuadas como barreras al paso de la humedad, oxígeno (entre otros gases) y de contaminación externa (Krochta *et al.*, 1994).

Miranda *et al.*, (2003) citan que los materiales que se emplean para la formación de películas y recubrimientos comestibles son proteínas, lípidos y polisacáridos.

Las películas de polisacáridos pueden emplearse para extender la vida de anaquel de frutas, hortalizas, productos marinos o de carne, reduciendo su

deshidratación, rancidez, oxidación y obscurecimiento superficiales (Bosques *et al.*, 2000).

La aplicación de recubrimientos comestibles supone una alternativa de futuro para la conservación de la calidad de frutas y hortalizas. Su aplicación permite alargar la vida útil durante el almacenamiento al reducir las pérdidas de humedad y retrasar la maduración de los frutos, ya que actúan como barrera al intercambio gaseoso. También se utilizan para mejorar su integridad mecánica o su protección frente a la manipulación posterior (Krochta, 1997). Aportan brillo a la fruta, confiriéndole un aspecto más apetecible en el punto de venta. Los recubrimientos más comunes son aquellos que se aplican a las frutas para sustituir la cera natural que se ha eliminado durante el lavado y cepillado de las mismas, procesos realizados con el fin de eliminar el polvo, la suciedad, las esporas de hongos y los pesticidas usados en el campo.

Los cambios en los modelos de consumo alimentario están ejerciendo un efecto determinante sobre las áreas de innovación tecnológica y especialmente, en la producción de alimentos que conserven al máximo las características organolépticas del producto fresco (Carbonell, 1995; Schlimme, 1995). Una respuesta a la demanda de este tipo de productos son las frutas y hortalizas frescas.

El cultivo de guayabo tiene un amplio mercado por permanecer en producción durante todo el año (García *et al.*, 2003) y su fruto es atractivo por su color brillante e intenso (Calderón Bran *et al.*, 2000). Además puede consumirse como fruta fresca. Por su composición nutricional la guayaba es una excelente fuente de vitamina C, ya que contiene de 200 a 400 mg de fruto fresco, además vitaminas B₁ y B₂, así como importantes minerales como: Ca, Mg, K, Fe y P (Nieto, A., 2007).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general:

Evaluar el efecto del recubrimiento comestible funcional a base de goma guar sobre las características de calidad postcosecha de guayaba (*Psidium guajava*).

1.1.2 Objetivos específicos:

- Desarrollar las formulaciones del recubrimiento a base de goma guar y aceite de oliva a evaluar.
- Estandarizar la metodología de aplicación del recubrimiento comestible a base de goma guar y aceite de oliva al fruto de estudio.
- Evaluar parámetros de calidad postcosecha de los frutos de estudio: pérdida de peso, color (parámetros L, a* y b*), firmeza, vitamina C, acidez titulable, pH, sólidos solubles totales y respiración.

1.2 Hipótesis:

La aplicación de un recubrimiento comestible elaborado a partir de goma guar y aceite de oliva puede ser una alternativa para alargar la vida de anaquel y mantener características de calidad postcosecha en 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. Estos son aplicados a frutas y hortalizas para alargar la vida útil durante su almacenamiento, reducir las pérdidas de humedad, retrasar los procesos de maduración ya que actúan como barrera al intercambio gaseoso, proporcionan una cubierta protectora adicional cuyo impacto tecnológico es equivalente al de una atmósfera modificada y aportan brillo al producto, confiriéndole un aspecto más apetecible en el punto de venta. Sin embargo, a pesar de que la información técnica disponible para la elaboración de películas comestibles es amplia, no es universal para todos los productos, lo que implica un reto para el desarrollo de recubrimientos y películas específicas para cada alimento. 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 postcosecha; firmeza, color, pérdida de peso, sólidos solubles totales, representando una alternativa para alargar la vida de anaquel, reducir pérdidas durante su etapa de desarrollo y que además sea de bajo costo.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1 Recubrimientos Comestibles

2.1.1 Definición

Un recubrimiento comestible (RC) se puede definir como una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora del recubrimiento (García-Ramos *et al.*, 2010).

Las películas comestibles se han usado desde épocas muy antiguas, sin embargo cada vez son más usadas para alargar la vida de anaquel de los alimentos. Krochta (1994) define a las películas comestibles como una capa continua y delgada de material comestible formada sobre (cubierta) o colocada entre (película) los componentes del alimento, provee una barrera a la transferencia de la masa y provee un medio para acarrear ingredientes del alimento o aditivos mejorando el manejo del alimento.

2.1.2 Importancia y funciones

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 (Debeaufort, 1998). En el cuadro 1 se muestran los requerimientos que deben cumplir las películas para ser utilizadas en los alimentos.

Cuadro 1. Requerimientos de las películas comestibles aplicadas en alimentos

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

Fuente: Debeaufort et al., 1998.

Las cubiertas comestibles son usadas en frutas y vegetales para prolongar la vida útil y para el manejo de otros factores postcosecha, este tipo de materiales puede reducir la pérdida de peso, retardar el proceso de maduración y dar brillo a los frutos mejorando de esta forma su apariencia. Baldwin (2005) observó que las cubiertas comestibles pueden proporcionar una atmósfera adecuada de O₂ y CO₂ para reducir la tasa de maduración en muchos frutos climatéricos.

Según Kester y Fennema (1986), las películas comestibles tienen diversas propiedades funcionales, estas son asociadas a la preservación 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.

En el cuadro 2 se muestran algunas las propiedades funcionales de las películas comestibles.

Cuadro 2. Propiedades funcionales de las películas comestibles

Retardar la migración de humedad
Desplazamiento del transporte de gases (O ₂ , CO ₂ y etileno) y retener componentes volátiles.
Servir de vehículo de aditivos en alimentos
Mejorar las propiedades mecánicas y de manejo del alimento, además de impartir una mayor integridad a la estructura del alimento.

Fuente: Kester y Fennema 1986.

Las películas o recubrimientos comestibles pueden cumplir muchos de los requisitos involucrados en la comercialización de alimentos entre los que destacan el valor nutricional, la sanidad, alta calidad, estabilidad y economía. Actualmente las películas y cubiertas comestibles encuentran una amplia variedad de aplicaciones: cubiertas de chocolate para nueces y frutas, cubiertas de cera para frutas y hortalizas, fundas para salchichas, etc.

Una funcionalidad importante de los recubrimientos y películas comestibles es su habilidad para incorporar ingredientes activos, ya que pueden servir como soporte de aditivos capaces de conservar y mejorar la calidad del producto. Es posible utilizarlos, por ejemplo, en frutas frescas cortadas para mejorar su calidad y vida útil con la incorporación de antioxidantes, antimicrobianos, mejoradores de textura. Asimismo se pueden utilizar como alternativa a la aplicación de antimicrobianos por el método de inmersión, técnica que provocaba difusión de los agentes antimicrobianos hacia el interior del producto causando pérdida de efectividad de dichos agentes por no alcanzarse la concentración mínima necesaria para la inhibición del desarrollo de microorganismos.

Las películas comestibles tienen funciones específicas para los alimentos a los cuales sean aplicados y a base a los materiales de los cuales se encuentren elaboradas, en la figura 1 se muestran algunas de las funciones selectivas de las películas comestibles.

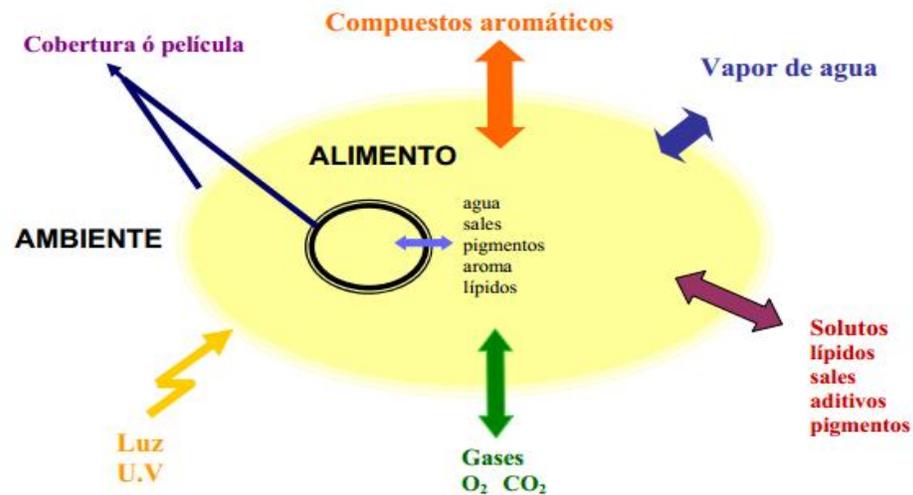


Figura 1. Funciones selectivas de las películas comestibles

Fuente: Adaptado de Debeaufort *et al.*, 1998.

Las cubiertas comestibles a base de polisacáridos, como celulosa, pectina, almidón, carragenina y quitosano, se adhieren a la superficie del producto y debido a su permeabilidad al O₂ y CO₂ permiten la creación de atmósferas modificadas deseables.

2.1.3 Materiales y propiedades

Los recubrimientos comestibles pueden agruparse en tres categorías, dependiendo del tipo de compuesto que incluyen en su formulación.

2.1.3.1 Hidrocoloides: polisacáridos y proteínas

Polisacáridos o proteínas que en general, forman recubrimientos con buenas propiedades mecánicas y son una buena barrera para los gases oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂), pero no impiden suficientemente la transmisión de vapor de agua (Drake *et al.*, 1988).

Los polisacáridos son los hidrocoloides que más se utilizan como recubrimientos en frutas y hortalizas, ya que forman parte de la mayoría de las formulaciones que actualmente existen en el mercado. Los polisacáridos presentan buenas propiedades barrera a los gases y pueden adherirse a las superficies de frutas y hortalizas troceadas, pero son hidrofílicos y por lo tanto constituyen una pobre barrera a la pérdida de humedad (Kester y Fennema, 1986; Krochta y de Mulder-Johnston, 1997).

Las proteínas utilizadas en la formulación de recubrimientos comestibles pueden ser de origen animal (caseínas, proteínas del suero lácteo) o de origen vegetal (proteína de maíz, gluten de trigo, y proteína de soya, principalmente) y dependiendo de este origen muestran una amplia variedad de características moleculares. Así, las proteínas varían en su peso molecular, conformación, carga (dependiendo del pH), flexibilidad y estabilidad térmica y las diferencias en estas características moleculares determinarán su habilidad para formar recubrimientos así como las características de los recubrimientos formados.

2.1.3.2 Lípidos

Los lípidos se utilizan en la formulación de recubrimientos con el objetivo de mejorar la propiedad de barrera al vapor de agua. Entre los lípidos comestibles que pueden ser incorporados en la formulación de recubrimientos comestibles se encuentran las ceras (cera de abeja, cera candelilla y cera carnauba), la goma laca, la goma xantana y los ácidos grasos tales como el ácido esteárico, palmítico, láurico y oleico, entre otros.

2.1.3.3 Multicomponentes

Formulaciones mixtas de hidrocoloides y lípidos que aprovechan las ventajas de cada grupo y disminuyen sus inconvenientes (Greener y Fennema, 1994). En general, los lípidos aportan resistencia al vapor de agua y los hidrocoloides, permeabilidad selectiva al O₂ y CO₂, durabilidad, buena cohesión estructural o integridad.

Los multicomponentes pueden ser de capas separadas, llamados multilaminados o bícapas, o formados por una única capa. Las bícapas se forman en dos etapas: en la primera se forma la base de polisacárido o proteína y en la segunda, se aplica el lípido sobre la base previamente formada. En las películas en monocapa, es necesaria la dispersión o emulsión del lípido en la fase hidrofílica que contiene la disolución de hidrocoloides y su posterior extensión y secado (Shellhammer y Krochta, 1997). Cuando se preparan películas mediante esta 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 la baja capacidad emulsionante del polímero que actúa como matriz soporte (Park *et al.*, 1994).

La efectividad de las películas multicomponentes de hidrocoloides y lípidos depende, entre otros factores, de la concentración relativa de ambos, del estado físico del lípido, de la longitud, grado de insaturación y ramificación de la cadena hidrocarbonada, así como de la distribución que alcancen los componentes lipídicos en la estructura final: tamaño de los glóbulos grasos y nivel de agregación (Morillon *et al.*, 2002). Además, la forma de preparación y la composición de la emulsión de partida influye en gran medida en el tamaño y distribución de tamaños de gotas y por tanto, también en las propiedades finales del film (Martín-Polo *et al.*, 1992).

La incorporación de lípidos y derivados (ácidos grasos, mono glicéridos, esterios, fosfolípidos y tensoactivos) también ejerce un efecto plastificante que es atribuible fundamentalmente a las discontinuidades en la matriz polimérica que

supone su dispersión. Estos se utilizan para favorecer la formación de la emulsión y su estabilización por acción interfacial, debido a que poseen una parte polar y otra apolar, y se adsorben en la interface aceite-agua como una mono capa orientada, disminuyendo así la tensión interfacial (Sharma, 1981).

2.1.4 Técnicas de aplicación para la obtención de recubrimientos

Algunas técnicas de aplicación para la obtención de recubrimientos son las siguientes (Flores, 2007):

Inmersión: utilizado especialmente en alimentos de forma irregular que requieren una cobertura uniforme. Luego de la inmersión, el material excedente se deja drenar del producto y, finalmente, se seca o se deja solidificar (lípidos).

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.

Otros: las coberturas en forma líquida pueden aplicarse con pinceles, cepillos, rodillos, o directamente vertidos sobre la superficie del alimento. En todos los casos se requiere de aplicadores adecuados.

2.1.5 Aplicación de recubrimientos comestibles a frutas y hortalizas

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. Estas características son influenciadas por parámetros como el tipo de material implementado como matriz estructural (conformación, masa molecular, distribución

de cargas), las condiciones bajo las cuales se preforman las películas (tipo de solvente, pH, concentración de componentes, temperatura, entre otras), y el tipo y concentración de los aditivos plastificantes, como agentes antimicrobianos o antioxidantes (Quintero *et al.*, 2010).

Cuadro 3. Algunos de los recubrimientos comerciales que se aplican en frutas y hortalizas frescas y enteras.

Recubrimiento	Composición	Frutas y hortalizas (Aplicación)
Nature Seal 1000	Celulosa	Banana, mango, tomate, papaya (Spray)
Nature Shine 9000	Ceras naturales	Cítricos, mango, manzana, guayaba (Pulverización)
Food Coat	Ácidos grasos y polisacáridos	Cereza
Pro-Long	Esteres de ácidos grasos	Banana, manzana, mango, patata, tomate, guayaba (inmersión)
Tropical Fruit	Cera carnauba y ácidos grasos	Mango (esponja)

Fuente: Adaptado de Pastor *et al.*, 2005

En el caso particular de frutas y hortalizas para consumo en fresco, los recubrimientos comestibles proporcionan una cubierta protectora adicional cuyo impacto tecnológico es equivalente al de una atmósfera modificada, por lo tanto representan una alternativa a este tipo de almacenamiento ya que es posible reducir la cinética de los cambios de calidad y pérdidas en cantidad a través de la modificación y control de la atmósfera interna en estos productos vegetales (Park, 1999).

Por otra parte, los recubrimientos comestibles también pueden ser utilizados como vehículo para la incorporación de aditivos con el fin de modificar las condiciones superficiales del alimento y añadir otras funcionalidades al film resultante. Entre los aditivos comúnmente utilizados se encuentran: antioxidantes, antimicrobianos, vitaminas, colorantes, saborizantes o la inclusión de microorganismos para un control biológico.

2.1.6 El futuro de los recubrimientos comestibles

Las frutas y hortalizas presentan una vida útil muy corta, entre 5-7 días, debido a limitaciones microbiológicas, sensoriales y nutricionales. En este caso, las investigaciones que se están desarrollando actualmente se centran en incluir en las formulaciones la utilización de conservantes para retardar el crecimiento de levaduras, mohos, y bacterias durante su almacenamiento y distribución, contribuyendo así a aumentar su vida útil.

En el futuro, la aplicación de recubrimientos comestibles será uno de los métodos más efectivos para alargar la vida útil de las frutas y hortalizas. En la actualidad aunque la aplicación de la tecnología no está muy extendida, se espera que se extienda a toda clase de productos, tanto frescos como tratados (secos, rehidratados). Su aplicación permitirá, en algunos casos, la eliminación de los envases tradicionales y por tanto, mejorará el impacto medioambiental al generar menos materiales de desecho. La tendencia se centrará en el desarrollo de recubrimientos con componentes bioactivos que permitan alargar la vida útil y mejorar la calidad de los productos. Estos recubrimientos podrían actuar ralentizando la degradación de los compuestos funcionales tales como, vitaminas, enzimas pro o prebióticos en la matriz del alimento a través del tiempo. Teniendo en cuenta las preferencias de los consumidores por productos frescos y sin aditivos, estos componentes bioactivos deberán ser preferiblemente componentes naturales (Vargas *et al.*, 2008).

En definitiva, la aplicación de recubrimientos comestibles supone una alternativa de futuro para la conservación de la calidad de frutas y hortalizas. Las investigaciones deben ir dirigidas hacia la obtención de recubrimientos adecuados para cada tipo de producto, de modo que se consiga un control óptimo de la permeabilidad a los gases, de los cambios de color y de textura y en la calidad nutricional de los mismos.

2.2 Goma guar

Los hidrocoloides de origen vegetal más utilizados en la industria de alimentos son la carragenina, la pectina y la goma guar.

La goma guar es derivada de las semillas de la planta guar (*Cyamopsis tetragonolobus*), esta molécula larga, rígida y lineal de beta- 1,4-D-galactomananas, con enlace alfa 1,6 D-galactosa proporciona una viscosidad alta en solución. Se encuentra disponible en forma de polvo de flujo libre, color blanco o ligeramente amarillo, inodoro. Estable al calor y altamente higroscópico. Sus propiedades gelificantes, la resistencia térmica de sus geles y la marcada diferencia entre sus temperaturas de gelificación y de fusión hacen que sea una de las más utilizadas en la industria alimentaria. Se prefiere la goma guar por su relativamente bajo costo, además de darle consistencia al producto.

La solubilidad es proporcional al contenido de galactosa y depende, junto con la velocidad de hidratación, del tamaño de partícula, pH, fuerza iónica, temperatura, presencia de solutos y los métodos empleados para la agitación. Se considera que el consumo diario de hasta 20 g/día de goma guar parcialmente hidrolizada es seguro. En la figura 2 se muestra la estructura molecular de la goma guar.

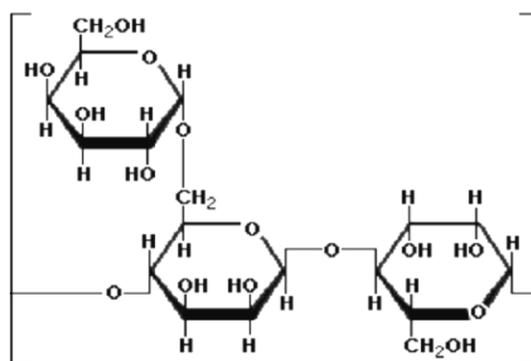


Figura 2. Estructura molecular de la goma guar

Fuente: Anónimo, 2002.

2.2.1 Aplicaciones de la goma guar en la industria alimenticia

- ❖ Agente espesante y de unión.
- ❖ Productos alimenticios congelados. Inhibe la formación de cristales, actúa como agente de unión y estabilizador para extender la vida útil de los helados.
- ❖ Productos cocidos al horno. Provee retención de humedad incomparable a la pasta y retarda la penetración de grasa en los alimentos cocidos al horno.
- ❖ Productos lácteos. Previene la sinéresis en el queso, mejora la textura, mantiene uniforme la viscosidad y el color.
- ❖ Preparaciones de salsas y ensaladas. Actúa como un agente de unión acuosa en aderezos de salsas y ensaladas, reduce la separación agua-aceite.
- ❖ Dulcería. Controla la viscosidad, floración, creación de gel, retención de humedad y esmaltado para producir el más alto grado de manufactura en dulcería.
- ❖ Bebidas. Provee control excepcional de la viscosidad y reduce el valor calórico en bebidas de bajas calorías “light”.

2.3 Aceite de oliva

Materiales hidrofóbicos como ceras y esterios de ácidos grasos han sido aplicados como recubrimientos, observando que presentan excelentes barreras que limitan la transferencia de vapor de agua, no obstante, no poseen la capacidad de formar películas con estabilidad y maleabilidad adecuadas para su manejo. Entre los materiales lipídicos para la elaboración de formulaciones destinadas a productos ligeramente procesados, se encuentran la cera de abejas, monoglicéridos acetilados, ácido esteárico y ácido láurico.

Según el código alimentario español (CAE) se dará el nombre de aceite de oliva o simplemente aceite, al líquido oleoso extraído de los frutos maduros del olivo, sin que haya sido sometido a manipulaciones o tratamientos no autorizados.

2.3.1 Aceite de oliva virgen

Aceite obtenido a partir del fruto del olivo únicamente por procedimientos mecánicos o por otros métodos físicos, en condiciones, sobre todo térmicas, que no ocasionan la alteración del aceite y que no haya tenido más tratamiento que el lavado, la decantación, la centrifugación y el filtrado el aceite de oliva virgen debe tener como máximo, una acidez libre de 2g por 100g expresada en ácido oleico. Es el único aceite vegetal que puede consumirse crudo sin refinar, conservando íntegro su contenido en vitaminas, ácidos grasos esenciales y otros productos de gran importancia dietética, como los antioxidantes naturales (vitamina E y polifenoles).

2.3.2 Funciones del aceite de oliva

El aceite de oliva es rico en ácido oleico (mono insaturado) y pobre en linoleico y linolénico (poliinsaturados), hace que disminuyan los niveles de baja densidad (LDL) o colesterol malo de las personas que lo consumen y aumenta los niveles de colesterol de alta densidad (HDL) o colesterol bueno. Posee antioxidantes naturales por su contenido en α -tocoferol (vitamina E) y en polifenoles. Su color dorado y verdoso se debe a los residuos de clorofila y pigmentos de carotenoides.

Algunas de las propiedades dietéticas que presenta; contribuye a regulación de la glucosa en la sangre, disminuye la tensión arterial, regulariza el funcionamiento del aparato circulatorio, mejora la absorción intestinal de los nutrientes y estimula el crecimiento óseo; además de ser vehículo para la absorción de las vitaminas liposolubles (A, D, E y K)

2.4 Sorbato de potasio

Los recubrimientos y películas comestibles también pueden ser utilizados como vehículo para la incorporación de antimicrobianos y antioxidantes, entre otros (Cha y Chinnan, 2004).

La calidad y la seguridad son objetivos primordiales de la industria de los alimentos. Debido a la preferencia de los consumidores por alimentos frescos y mínimamente procesados (Pranoto *et al.*, 2005), se han planteado nuevos desafíos. En particular, el control de las enfermedades causadas por microorganismos (hongos, bacterias y levaduras) ha originado la búsqueda de nuevos compuestos que eviten la contaminación de los alimentos durante la manipulación y el almacenamiento (Badawy *et al.*, 2009).

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 (Cubero, 2003). En la figura 3 se muestra la estructura química del sorbato de potasio.

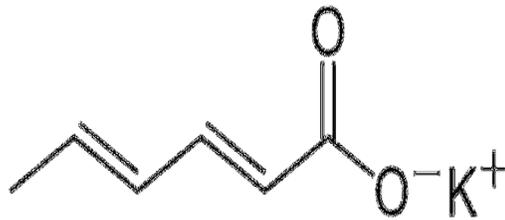


Figura 3. Estructura química del sorbato de potasio

Fuente: Anónimo, 2010.

En Estados Unidos, los sorbatos (nombre dado al ácido sórbico y sus sales) se consideran GRAS (generalmente reconocido como seguro). La OMS ha fijado la ingesta diaria admisible para ácido sórbico en un valor de 25 mg/kg de peso corporal por día.

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 (Jarret, 2005).

2.5 La guayaba

La guayaba (*Psidium guajava L.*) pertenece a la familia Mirtaceae, esta fue domesticada hace más de 2000 años, pero solo desde hace poco tiempo ha adquirido una gran importancia en la áreas tropicales y subtropicales del mundo, principalmente por su alto contenido de ácido ascórbico y por lo rentable de su cultivo.

2.5.1 Origen

Los historiadores se contradicen en cuanto al origen de la planta; sin embargo, la ubican en el área comprendida entre México y Perú. En cuanto a su nombre común, el historiador español Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdez, quien estuvo en Haití de 1514 a 1557, describió por primera vez la guayaba en 1526; llamo al árbol “guayabo” y a su fruta “guayaba manzana”, y señaló que era muy común en muchas partes de las Antillas.

2.5.2 Distribución

La guayaba, desde que su existencia se reportó por primera vez, ha viajado por todo el mundo. Los españoles la llevaron a través del pacífico, a las islas Filipinas en una fecha remota. En la actualidad se le encuentra prácticamente en todas las áreas tropicales y subtropicales del mundo; se cultiva en forma comercial en India, Pakistán, Hawai, Sudamérica, Florida, Brasil, Puerto Rico, Cuba y otros países y regiones.

En México se distribuye en 27 estados. El principal productor es Aguascalientes, seguido por Zacatecas, Oaxaca y Guerrero, que aportan el 56%, 11.7%, 8.6% y 5.6% de la producción, respectivamente. En un tercer orden están el estado de México, Jalisco, Puebla, Michoacán, Guanajuato y Morelos. En Aguascalientes se cultiva desde hace un siglo, aproximadamente, este estado ocupa el primer lugar de producción desde 1960.

La guayaba se encuentra considerada entre las veinte frutas más importantes en nuestro país, tan solo en la parte productiva se generan más de cuatro millones de jornales en las regiones productoras.

2.5.3 Taxonomía

La clasificación taxonómica del fruto del guayabo es:

Cuadro 4. Clasificación taxonómica de la guayaba

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Dicotiledónea</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Subdivisión	<i>Lignosea</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Myrtales</i>
Familia	<i>Myrtaceae</i>
Genero	<i>Psidium</i>



Fuente: Adaptado de la USDA, 2010.

2.5.4 Fruto de la guayaba

El fruto es una baya esférica, globulosa, elipsoidal o piriforme; sus dimensiones varían enormemente de una variedad a otra. En el exterior presenta un color amarillo verdoso y amarillo claro en su plena madurez, en algunos tipos se distingue un tinte ligeramente rosado. El color de su carne es muy variable: puede ser blanco, blanco amarillento, rosado, amarillo, naranja y salmón. El mayor componente es el B- cariofileno (95%); se sugiere que este puede desempeñar un papel importante en la producción del aroma. El ácido ascórbico es el compuesto principal de esta fruta; su contenido es mayor en la cascara que en la pulpa y corazón. En su constitución son importantes algunos ácidos orgánicos; entre ellos se encuentran: láctico, málico, cítrico, galacturónico y fumárico.

Las semillas son pequeñas, triangulares, comprimidas de color blanco, amarillo claro o café amarillento. Contienen 80% de hierro, por lo cual este elemento no es utilizable. El 9.4% del peso seco de la semilla corresponde a

grasas. Dentro de este porcentaje, 79.1% es ácido linoleico; 7.8%, ácido oleico y 3.4% ácido esteárico.

2.5.5 Valor nutricional

Por su composición nutricional la guayaba es una excelente fuente de vitamina C, ya que contiene de 200 a 400mg por cada 100g de fruto fresco, además contiene vitaminas B₁ y B₂, así como importantes minerales como: Ca, Mg, K, Fe y P (Nieto, 2007).

El amplio uso de la fruta en la dieta se justifica por su aceptable valor nutritivo. La composición química varía grandemente entre cultivares y entre localidades. En el cuadro 5 se muestra el contenido nutricional de la guayaba para una porción de 100 g destacando su alto contenido en ácido ascórbico (Vitamina C).

Cuadro 5. Composición nutricional de la guayaba en base a 100g.

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: NEGI, 2009

2.5.6 Producción de guayaba situación mundial y nacional

El comercio mundial de la guayaba se da principalmente en los países que se encuentran en zonas tropicales y subtropicales. Los países productores destinan la mayor parte de su producción para consumo interno. Sin embargo, algunos países exportan parte de su producción de guayaba fresca o procesada principalmente a los Estados Unidos, Canadá, Japón y aquellos que pertenecen a la Unión Europea.

A nivel nacional, la guayaba se produce de manera comercial en 19 estados, aunque se considera que existe producción silvestre no contabilizada en por lo menos otras 11 entidades del país. En el cuadro 6 se muestra la producción nacional de de guayaba, cabe señalar que el cultivo de la guayaba se concentra en tres estados: Michoacán, Aguascalientes y Zacatecas.

Cuadro 6. Producción nacional de guayaba

Estado	Superficie (Ha)		Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
	Sembrada	Cosechada	Obtenida	Obtenido
Aguascalientes	6268	6187	9,819	15.870
Baja california sur	16	14	45	3.076
Colima	15	15	165	11.000
Chiapas	70	70	199	2.840
Durango	174	174	473	2.725
Guanajuato	119	119	748	6.289
México	882	834	9,004	10.796
Michoacán	9,449	9,186	13,716	14.993
Morelos	21	21	153	7.277
Nayarit	68	68	397	5.845
Puebla	31	31	282	9.081
Querétaro	92	87	319	3.660
Sinaloa	3	3	7	2.300
Tabasco	45	45	598	13.289
Veracruz	20	20	212	10.433
Zacatecas	3, 040	3,040	4964	16.402
Total	20,899	20,474	303,594	14.831

Fuente: Elaborado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con información de las Delegaciones de la SAGARPA, (31/12/14).

Por la perecibilidad del producto y su delicadeza para el manejo, tanto productores como expertos estiman que la merma física del producto en la cosecha y la comercialización son del orden del 20% (ASERCA, 2010)

El consumo per cápita es de 2.3 kilogramos. Cabe señalar que la disponibilidad del producto en el mercado es casi todo el año, la producción se concentra en los meses de agosto a marzo, siendo los meses de mayo y junio los de menor oferta. La mayoría de las familias lo consumen en fresco como fruta de mesa o para refrescos caseros. Esto significa que cerca del 87% de la producción nacional se consume directamente en fresco, de los cuales el 65% se concentra en la central de abastos de México, 20% en la de Guadalajara, 10% en Monterrey y el 5% restante en otros centros.

Es un fruto climatérico cuyas características se presentan dentro de los primeros cinco o seis días de cosecha. Es en este periodo cuando se sufren los cambios más severos (Kadam y Salunkhe, 1998).

La posibilidad de que sea eficiente la producción nacional de guayaba en los próximos años, deberá estar basada en tres estrategias de mediano y largo plazo: Incremento de la productividad, la ampliación de la superficie cosechada y la reducción de las mermas que por la magnitud es un aspecto que debe considerarse para un plazo más inmediato, este aspecto está muy ligado al establecimiento de un programa de capacitación de manejo postcosecha tendiente a manipular con técnicas adecuadas a esta fruta delicada y dirigido a los productores a nivel nacional con el objetivo de reducir mermas de cosecha y manejo durante la comercialización.

2.5.7 Importancia económica

La importancia de la guayaba en México radica en que representa 3.5% del valor del Producto Interno Bruto Nacional Agropecuario (2007), 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 (Yúnez y Barceinas, 2008).

2.5.8 Cosecha

La guayaba, por lo general, se cosecha manualmente; el manejo y destino de los frutos varia 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.

2.5.8.1 Índices de Cosecha

Las guayabas se cosechan en madurez fisiológica, en el estado verde-maduro (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. En la figura 4 se muestra los diferentes estados de madurez del fruto de la guayaba.



Figura 4. Estados de madurez de la guayaba

Fuente: Anónimo, 2007

2.5.9 Postcosecha

Si el fruto no se consume pocos días después de su corte, fácilmente se descompone. En la actualidad, una gran proporción de las cosechas no llega al consumidor en buenas condiciones.

2.5.9.1 Índices de calidad postcosecha

La calidad del fruto se considera de acuerdo a su textura, color sabor, limpieza exterior y tamaño. Los frutos de guayaba, se clasifican de acuerdo a una norma, que para el caso de México es la: NMX-FF-040-SCFI-2002, en el caso del consumo de fruta fresca en el cuadro 7, se muestran las características de calidad del fruto de la guayaba.

Cuadro 7. Índices de calidad en frutos de guayaba

Color, buen indicador de madurez
Tamaño y forma, pueden ser importantes en algunos mercados
Ausencia de defectos, insectos y pudrición
Firmeza y grado de arenosidad debido a la presencia de células pétreas
Color de la pulpa, depende del cultivar (blanco, amarillo, o rosa)
Cantidad de semillas en la pulpa (entre más baja mejor)
Intensidad del aroma
Sólidos solubles y acidez

Fuente: Adaptado de la NMX-FF-040-SCFI-2002.

Otros índices de calidad postcosecha son aspectos químicos como los SST mayores a 12 °Brix como un índice de madurez en un cultivar destinado a la producción de frutos para consumo en fresco. A su vez aspectos físicos como la relación entre la fuerza necesaria para desprender el fruto y su crecimiento y composición. La fuerza de separación menor de 4 kg debe esperarse que el fruto tenga una pulpa con un pH de 3.0 y menos de 16 meq/100g de acidez titulable de peso fresco y con un mínimo de 6 °Brix.

2.5.9.2 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 (Kader, 2002). La humedad relativa óptima para un adecuado almacenamiento es de 90-95%.

2.5.9.3 Tasa de producción de etileno

La guayaba es una fruta climatérica. Las tasas de respiración y producción de etileno dependen del cultivar y del estado de madurez fisiológica y de consumo. La producción de etileno a 20°C varía de 1 a 20 $\mu\text{L}/\text{kg}\cdot\text{h}$.

El etileno a 100 ppm por 1-2 días puede adelantar la maduración de las guayabas del estado verde maduro al completamente amarillo a 15-20°C (59-68°F) y 90-95% de humedad relativa. Este tratamiento da lugar también a una maduración más uniforme, característica que es más importante en las frutas destinadas al procesamiento. Las guayabas verde-inmaduras (sin madurez fisiológica) no maduran apropiadamente y adquieren una textura o consistencia pastosa.

2.5.9.4 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. No se han determinado las tolerancias a las altas concentraciones de bióxido de carbono.

2.5.9.5 Desórdenes

Daño por frío: Los síntomas incluyen incapacidad de las guayabas en estado verde-maduro o con parcial madurez de consumo para madurar

normalmente, pardeamiento de la pulpa y, en casos severos, de la piel y un aumento en la incidencia y en la severidad de las pudriciones cuando se les transfiere a temperaturas más altas. Las guayabas en plena madurez de consumo son menos sensibles al daño por frío que las que se encuentran en estado verde-maduro y se les puede conservar hasta por una semana a 5°C (41°F) sin mostrar síntomas de esta fisiopatía.

Pardeamiento externo (piel) e interno (pulpa): Las operaciones de manejo desde el campo hasta el consumidor. Los síntomas incluyen abrasiones y pardeamientos de las áreas magulladas.

Escaldado por el sol: Las guayabas expuestas al sol directo pueden escaldarse. En algunos países se les cubre con bolsas de papel para protegerlas de la radiación solar y del ataque de insectos mientras se desarrollan en el árbol.

2.5.9.6 Principales causantes de los daños

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. 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 daños 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 sometiéndolo 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.

2.5.10 Rendimiento

El rendimiento varía con el cultivar, la edad, la densidad de plantación y el origen (sexual o asexual) de la planta. Actualmente, la más alta producción se obtiene en huertos de alta densidad, se reportan valores mayores de 60 ton/ha en huertos con solo tres o cuatro años de producción. En calvillo Aguascalientes, el tamaño y porcentaje de la fruta que se produce son: extra, 1%; primera, 40%; de segunda, 39%; canica, 20%, y de desecho, 9%. De la producción el 85% se consume en fresco y el resto en la industria. Sin embargo, en esta misma región la pérdida de frutos durante su etapa de desarrollo es bastante alta (González, 1985).

2.5.11 Empaque y transporte

Los empaques son variables en tipos y dimensiones, pero los más comunes son cajas de madera y los casos de bambú. Durante el transporte, los frutos pueden sufrir serios daños, sobre todo en grandes distancias; por tanto, se deben seleccionar y transportar en verde maduro.

Las características más importantes en la venta de fruta fresca son: que esta sea sana, tenga un color uniforme y no presente defectos superficiales. Los defectos más frecuentes de la guayaba mexicana pueden clasificarse en:

Defectos de apariencia: Se desarrollan durante la ontogénesis, después del amarre, y pueden manifestarse como acorchamientos estirados o manchas corchosas que provocan la deformación del fruto. También pueden producirse por rozaduras con las ramas o las hojas, o por los insectos principalmente cuando el

fruto se encuentra en desarrollo. Estos defectos no son profundos; no afectan la calidad comestible del fruto, pero si su apariencia general, lo cual ocasiona la disminución de su calidad comercial del fruto en fresco.

Defectos mecánicos: Resultan de prácticas inadecuadas de cosecha, madurez, empaque y transporte. Si los frutos alcanzan su madurez comestible en el árbol, sobreviven ataques de animales de campo, como pájaros, insectos, aves y roedores; estos frutos se convierten en una fuente de infección si permanecen junto a frutos sanos. Los frutos semimaduros o completamente maduros, empacados en recipientes inadecuados, se decoloran debido a las magulladuras que se provocan entre ellos; deben manejarse con cuidado y colocarse en cajas diseñadas especialmente para guayaba.

Pudrición firme, inducida por magullación: El daño más severo se presenta durante las estaciones secas. El área afectada parece húmeda y se expande rápidamente, aunque el tejido permanece firme y también parece húmedo.

2.5.12 Cambios asociados a la maduración

Los fenómenos que se producen durante la maduración y senescencia son la respiración, el endulzamiento, cambios en la textura, aroma, producción de compuestos volátiles, cambios en la coloración, y disminución del valor nutritivo. Sin embargo, la velocidad y naturaleza del proceso de maduración difiere significativamente entre las especies de frutas, cultivos, diferentes estados de madurez de la misma variedad y también entre zonas de producción. Las frutas también difieren en sus respuestas a la maduración a diversos ambientes postcosecha, sin embargo, es posible identificar ciertos fenómenos generales en relación al comportamiento de la maduración y senescencia de los frutos (Bashir *et al.*, 2003).

La maduración de las frutas va unida a una variación del color. La transición de color más habitual durante la maduración es de color verde en los estados más inmaduros a otro color dependiendo del fruto. Este cambio está relacionado con la

descomposición de la clorofila, quedando al descubierto pigmentos coloreados como los carotenoides y las antocianinas, donde se aumenta la producción de pigmentos rojos y amarillos característicos de las frutas maduras. La formación de otros pigmentos como las antocianinas suele ser activada por la luz (El-Bulk *et al.*, 1997). Durante la maduración también se producen compuestos volátiles como esteroides alifáticos e hidrocarburos terpénicos que son los que proporcionan a cada fruta su particular aroma (Pino *et al.*, 2001). Además, es bien conocido que el contenido de azúcares y de sólidos solubles totales aumentan durante la maduración, mientras que la acidez titulable y el contenido de fenoles totales disminuye en algunas frutas tropicales (Bashir *et al.*, 2003)

La textura de las frutas depende en gran medida de su contenido de pectina, protopectina y pectina soluble. La protopectina atrapa el agua formando una especie de malla y es la que proporciona a la fruta no madura su particular textura. Con la maduración, esta sustancia es degradada por enzimas pécticas y se va transformando en pectina soluble, que queda disuelta en el agua que contiene la fruta, produciéndose el característico ablandamiento y la pérdida de firmeza de la fruta madura, haciéndola más susceptible a daños mecánicos. En las manzanas se ha observado que la consistencia disminuye lentamente, pero en las peras y guayabas, la disminución es más rápida afectando la integridad de la pared celular y la calidad sensorial y económica de los frutos (Duan *et al.*, 2008).

La maduración de las frutas está ligada a complejos procesos de transformación de sus componentes. Cuando los frutos son cosechados quedan separados de su fuente natural de nutrientes, pero sus tejidos aún respiran y siguen activos. Los azúcares y otros componentes sufren importantes modificaciones produciéndose energía, CO₂ y H₂O. Estos procesos tienen gran importancia porque influyen en los cambios que se producen durante el almacenamiento, transporte y comercialización de las frutas, afectando también en cierta medida el valor nutritivo y la rentabilidad del fruto (Pérez *et al.*, 2008).

Otro importante proceso metabólico asociado a la maduración de frutas es la transpiración. La transpiración es el proceso por el cual se pierde agua en forma

de vapor a través de aberturas microscópicas en la epidermis de la fruta y constituye la causa principal de pérdida de peso. A medida que el proceso de transpiración avanza la apariencia del fruto se deteriora, al igual que su elasticidad y resistencia mecánica, volviéndose blando y marchito reduciendo su valor comercial y su susceptibilidad a sufrir daños mecánicos y ataques de patógenos. La transpiración del fruto depende de la temperatura del ambiente en el que se almacene, métodos apropiados como control de la humedad relativa, la temperatura de almacenamiento y un empaque efectivo que permita la permeabilidad de los gases, pueden ayudar a minimizar las pérdidas postcosecha asociadas a la transpiración (Fonseca *et al.*, 2002)

La intensidad respiratoria de un fruto depende de su grado de desarrollo y se mide como la cantidad de CO₂ (mg) que desprende 1 Kg de fruta por hora de almacenamiento. Durante el crecimiento de la fruta se produce en primer lugar un incremento de la intensidad de la respiración, que va disminuyendo lentamente hasta el estado de máximo desarrollo o madurez fisiológica. La medida de la intensidad respiratoria y el patrón respiratorio de cada fruto sirve para clasificarlo como fruta climatérica o no climatérica (Bhande *et al.*, 2008). La respiración no sigue un comportamiento ideal, por lo tanto el factor Q₁₀ puede variar considerablemente con la temperatura, usualmente el Q₁₀ es más pequeño a temperaturas más altas y más alto a temperaturas más bajas (Urbano *et al.*, 2005). El cuadro 8 muestra los intervalos de valores generales para Q₁₀ como función de la temperatura.

Cuadro 8. Efecto de la temperatura sobre la velocidad de respiración y el factor Q₁₀

Temperatura °C	Velocidad relativa de respiración	Factor Q ₁₀
0-10	1.0	3.0
11-20	3.0	2.5
21-30	7.5	2.0
31-40	15.0	1.5
> 40	22.5	-

Fuente: Adaptada de Brecht y Weichmann, 2003.

Existe para la respiración de los productos agrícolas el cociente respiratorio (Ecuación 1) consistente en una magnitud fisiológica que ofrece un indicador cualitativo de la naturaleza de las combustiones respiratorias. Se define cómo la relación entre la cantidad de CO₂ producido y la cantidad de O₂ consumido en un tiempo dado, por una misma masa de materia.

$$QR = \frac{\text{CO}_2 \text{ producido}}{\text{O}_2 \text{ consumido}} \quad (\text{Ec.1})$$

El valor teórico del QR varía según la naturaleza del metabolito utilizado en la combustión respiratoria y la concentración de O₂ dentro de la estructura molecular.

2.5.13 Tecnologías de conservación en fresco

Refrigeración: Temperaturas de 8.3°C a 10.0°C con 85-90% de humedad relativa, pueden prolongar la vida del fruto almacenado durante dos a cinco semanas.

Tratamientos para retrasar la madurez: Se han probado muchos productos y métodos, pero parece que la maduración no se puede retrasar por mucho tiempo sin que disminuya la calidad del fruto. Srivastava *et al.*, (2003) señalan que tratando los frutos con una emulsión de cera al 3% se prolonga su vida durante ocho días en temperatura ambiental (22.2°C a 30°C y 40 a 60% de HR), y 21 días en temperaturas bajas (8.3 °C a 10°C y 85 a 90% HR).

Por otra parte el humedecimiento en nitrato de calcio (0.5-2.0%) reduce la pérdida de peso, la tasa de respiración y la ocurrencia de enfermedades y mantiene su calidad comestible por más de 6 días; el mejor resultado para prolongar la vida del fruto en almacenamiento se obtiene con un tratamiento al 1%. Otro compuesto utilizado es el CO₂. Se aplican 5g a frutos cosechados en verde ligero y empacado en bolsas de polietileno de 30 x 45 cm; los frutos tratados de

esta manera mantienen una calidad aceptable y se reducen las pérdidas sustancialmente.

Tratamientos para acelerar la madurez: El fruto duro y ligeramente verde, al ser tratado con 600 ppm de Etefon, experimentan un rápido ablandamiento, el desarrollo de color, un aumento de SST, el crecimiento de la relación de ácidos, vitamina C y contenido de azúcares totales.

CAPITULO III

METODOLOGIA

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 una película comestible a base de goma guar y aceite de oliva.

3.1.1 Preparación de la formulación

Se preparó la formulación de la película comestible; en 100 mL de solución, 1.5% de goma guar (GG), glicerol 30% (Gly) y aceite de oliva (AO) a 5, 10, 15, y 20%. En una parrilla de calentamiento en agitación (400 rpm) se colocaron 100 mL de H₂O destilada a una temperatura 30-40°C posteriormente se agregó el glicerol 30% y el aceite de oliva a las diferentes concentraciones; 5, 10, 15, y 20%, la solución se mantuvo en agitación hasta disolver visiblemente el aceite, se deja enfriar hasta una temperatura de 20-25°C. Se coloca nuevamente en agitación sin calentamiento y se adiciona la goma guar 1.5% se mantiene en agitación hasta observar la disolución completa, homogénea y sin grumos de todos los componentes. En la figura 5, se muestra la formulación del recubrimiento comestible.

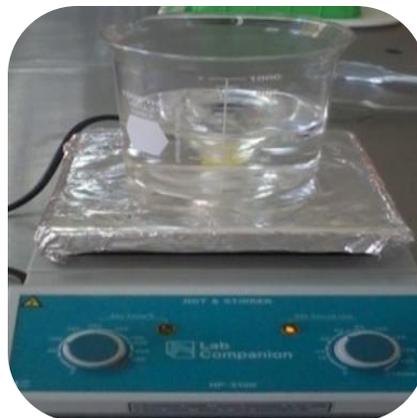


Figura 5. Formulación del recubrimiento comestible

Se establecieron cuatro formulaciones para caracterizar las películas comestibles (cuadro 9) tomando en cuenta las concentraciones de aceite de oliva.

Cuadro 9. Formulaciones del recubrimiento comestible

Formulaciones (%)				
Componente	A	B	C	D
Goma guar	1.50	1.50	1.50	1.50
glicerol	30.00	30.00	30.00	30.00
Aceite de oliva	5.00	10.00	15.00	20.00

3.1.2 Formación de la película

Se colocaron 20 mL de la solución preparada en cajas Petri de plástico de 10 cm de diámetro. En seguida las películas fueron secadas en una estufa de secado a 55-60°C durante 4-5 horas aproximadamente. Una vez secadas las películas, fueron colocadas sobre charolas de plástico y almacenadas en un lugar seco, hasta su posterior caracterización.

3.2 Caracterización de las películas comestibles

Para evaluar las propiedades de las películas obtenidas se consideró su caracterización en base a los siguientes parámetros; color, espesor, humedad y solubilidad.

3.2.1 Espesor

El espesor de las películas se midió mediante un micrómetro digital (Mitutoyo, Japón). Las lecturas se hicieron en tres diferentes puntos de las películas y fue considerado el valor promedio.

3.2.2 Contenido de humedad

El contenido de humedad (CH) de cada muestra se determinó de acuerdo al método reportado por Mei y Shao (2003). Las películas fueron cortadas en cuadros de 2 cm por 2 cm, posteriormente estas piezas fueron colocadas en recipientes de aluminio previamente pesadas a peso contante. Los recipientes de aluminio junto con los cortes se pesaron y se metieron en un horno (Quincy Lab Inc., Chicago, Illinois, U.S.A) a 100°C durante 24 horas. Transcurrido este tiempo las muestras se pusieron en un desecador que consecutivamente se pesaron en un balanza analítica (Adventurer Ohaus Corp., Pine Brook, New Jersey, U.S.A.) con una exactitud de 0.0001g. El CH se determinó empleando la ecuación 2, como porcentaje considerando el peso inicial de la película antes de la deshidratación y el peso después de la deshidratación.

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{(\text{peso seco inicial} - \text{peso seco final})}{(\text{peso seco inicial})} \times 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

3.2.3 Medición de solubilidad

En base a la metodología propuesta por Romero Bastida *et al.*, (2005) y utilizando las muestras de determinación de humedad. Se tomaron los cortes de cada muestra, tomando dos repeticiones para cada una. Se colocaron en un vaso de precipitado de 250 mL con 60 mL de agua destilada con una agitación constante a 25°C y 400 rpm durante 10 minutos. Utilizando papel filtro se vaciaron por medio de un embudo y después se filtraron. Posteriormente las muestras se secaron con una temperatura de 50°C durante 24 horas hasta peso constante utilizando una balanza digital (Adventurer Ohaus Corp., Pine Brook, New Jersey, U.S.A.) con una exactitud de 0.0001 g. Para calcular los porcentajes de solubilidad se utilizó la siguiente ecuación 3.

$$\text{Solubilidad (\%)} = \frac{\text{peso seco inicial} - \text{peso seco final}}{(\text{peso seco inicial})} \times 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

3.3 Adición del antimicrobiano

Se adiciono el antimicrobiano (sorbato de potasio) con una concentración de 0.5g tomado como base lo previamente reportado por Leyva (2012).

3.4 Etapa experimental II. Aplicación de las películas a base de goma guar y aceite de oliva sobre frutos frescos de guayaba (*Psidium guajava*)

3.4.1 Tratamientos

Los frutos de guayaba en estado de madurez comercial fueron obtenidos en una tienda comercial de la ciudad de Saltillo, las muestras fueron seleccionadas en base a uniformidad de tamaño y color, sin daños visibles. Las muestras se lavaron y se desinfectaron con solución de cloro comercial (200 ppm), dejándolos secar con ventilación durante 24 horas, posteriormente se distribuyeron al azar en dos grupos. Al grupo A se sumergieron en soluciones del recubrimiento de goma guar 1.5%, glicerol 30% y aceite de oliva 10% por un minuto y el grupo B (testigos) se sumergieron en agua destilada durante 1 minuto. Los frutos se dejaron secar por varias horas a temperatura ambiente y con ventilación.

3.4.2 Evaluación de parámetros físicos

3.4.2.1 Pérdida de peso

Se efectuó un seguimiento de la pérdida del peso del fruto con y sin recubrimiento(tres frutos de cada grupo) durante su almacenamiento en los días (0, 5, 10, 15 y 20)con una balanza digital Sartorius Electronic Toploader (1006 MP9 USA) a una temperatura de 25 °C. Los resultados se expresaron como porcentaje de peso perdido en base al peso inicial y final del fruto considerando como pérdida de peso durante cada periodo de almacenamiento en base a peso fresco del fruto (Mannheim y Soffer, 1996).

3.4.2.2 Color

La medida del color se realizó sobre el fruto entero tomando tres lecturas sobre el eje ecuatorial de la corteza del fruto obteniendo un promedio. Se efectuó con un colorímetro Minolta CR-400 (Minolta corp, Ramsey, U.S.A.). El sistema proporciona tres valores de color; L^* (componente negro-blanco, luminosidad) y coordenadas de cromaticidad a^* (componente +rojo a –verde) y b^* (componente +amarillo a –azul). El patrón de calibración fue una placa blanca CR-400 con coordenadas L , a^* y b^* de 97,05; 0,46 y 1,78 respectivamente. Se calculó el promedio para cada componente siguiendo la metodología propuesta por Maftoonazad *et al.* (2007).

3.4.2.3 Firmeza

La determinación de firmeza se realizó mediante un penetrómetro digital Force Gauge (PCE-PTR 200, PCE group, Albacete, Castilla de la Mancha España), con una puntilla de 10 mm de ancho. Se midió en la zona ecuatorial del fruto con cáscara tomando tres lecturas de cada muestra, los resultados se expresaron en Newtons (N) obteniendo un promedio de cada muestra. (Hong *et al.*, 2012).

3.4.3 Determinaciones químicas

3.4.3.1 Sólidos solubles totales (SST)

Se evaluaron tres frutos de cada grupo durante los días de muestreo (0, 5, 10, 15, 20 días). Las muestras se molieron en un procesador Master Craft (batidora 9 en 1 EC51034, tiendas soriana S.A. de C.V., Monterrey, Nuevo León, México) durante 3 minutos. El contenido de sólidos solubles totales (TSS) de la muestra se evaluó por el método de AOAC (1984) empleando un refractómetro ATAGO (ATAGO, Bellevue, WA, U.S.A.) a temperatura ambiente 25°C, una gota de la muestra fue colocada en el prisma del refractómetro de manera directa

tomando tres muestras de cada grupo. El contenido de TSS se expresó como porcentaje de la escala °Brix.

3.4.3.2 pH

Se determinó el pH a través de un potenciómetro portátil (HANNA, USA) tomando 10 gramos de la muestra en un vaso de precipitado de 50 mL, enseguida se filtró utilizando un filtro de gasa obteniendo el filtrado en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Se introduce el electrodo del potenciómetro en la muestra hasta que aparezca la lectura en la pantalla del potenciómetro. Se tomaron tres lecturas para cada grupo obteniendo el promedio.

3.4.3.3 Acidez titulable (AT)

Para la determinación de acidez titulable se tomaron 10 mL de la muestra y se le adiciono 20 mL de agua destilada para diluir. Posteriormente se realizó la titulación con hidróxido de sodio NaOH 0.01N a pH de 8.3 utilizando como indicador fenolftaleína, este procedimiento se hizo por triplicado para cada grupo (con recubrimiento y testigo) por día de muestreo. La determinación de ácido cítrico se utilizó la ecuación 4.

$$\text{Ácido cítrico (\%)} = \frac{V \times N \times \text{Meq}}{\text{alícuota valorada}} \times 100 \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

V=Volumen de NaOH gastados en mL.

N=Normalidad del NaOH.

Meq= Miliequivalente del ácido que se encuentra en mayor proporción de la muestra (0.064 para ácido cítrico).

Alícuota valorada= Peso en g o volumen de la muestra en mL.

3.4.3.4 Vitamina C

De las muestras utilizadas anteriormente se tomaron 20 g y se colocaron en un mortero y se trituraron adicionando 10 mL de HCl al 2% hasta que se obtuvo una consistencia de papilla. Posteriormente se agregaron 100 mL de agua destilada para homogenizar y se filtró a través de una gasa en un matraz Erlenmeyer de 250 ml midiéndose el volumen exacto del filtrado. La muestra fue titulada con el reactivo Thielmann hasta la aparición de una coloración rosa. El contenido de vitamina C se calculó de acuerdo a la ecuación 5.

$$\text{Vitamina C} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \frac{\text{VRT} \times 0.088 \times \text{VT}}{\text{VA} \times \text{P}} \times 100 \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

VTR= volumen gastado en mL del reactivo Thielmann

0.088= miligramos de ácido ascórbico equivalentes a 1 mL de reactivo Thielmann.

VT = volumen total en mL del filtrado de vitamina C en HCl.

VA = volumen en mL de la alícuota valorada.

P= peso de muestra en gramos.

3.4.3.5 Respiración

La respiración de las muestras de guayaba se analizó constantemente cada 5 días con intervalos de 15 minutos durante una hora por 20 días en un sistema cerrado. Las muestras se colocaron en frascos de vidrio con capacidad de 1 L. Las muestras de gas se tomaron mediante la inserción de una aguja a través de un septum colocado en el centro de la tapa del frasco. La aguja estaba conectada al analizador de gas de CO₂/O₂ (PBI Dansensor analizador de gas, Checkmate II, Denmark) (figura 6). Las concentraciones de O₂ y CO₂ fueron obtenidas en porcentaje. La velocidad de respiración (mL kg⁻¹ h⁻¹) fue calculada empleando la ecuación 6.

$$R_{CO_2} \left(\frac{\text{mL}}{\text{kg h}} \right) = \frac{CO_2}{W \times t \times VL} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde

R_{CO_2} = velocidad de respiración de CO₂ (mL kg⁻¹ h⁻¹).

W = Peso de la muestra (kg).

t = Tiempo (h).

V_L = Volumen libre en respirómetro (mL).

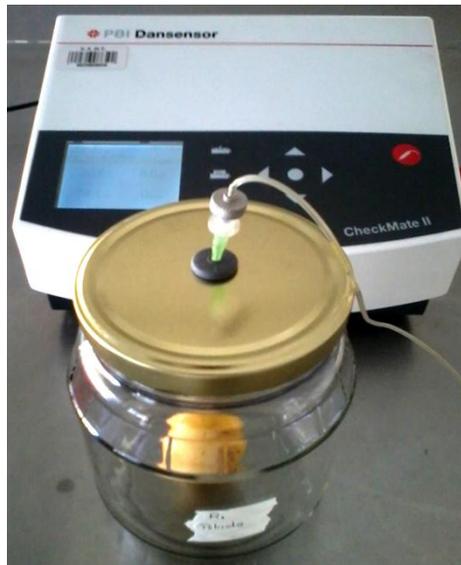


Figura 6. PBI Dansensor analizador de gas, Checkmate II, Denmark

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Etapa experimental 1. Elaboración y caracterización de la película comestible

4.1.1 Preparación de la formulación

La adición de lípidos en las formulaciones de las películas hechas a base de polisacáridos las hace excelentes barreras al vapor de agua (Habig y Krochta 1991). Tomando en cuenta lo anterior, se preparó la formulación a base de goma guar (hidrocoloide) y se evaluaron las cuatro concentraciones diferentes de aceite de oliva (5, 10, 15 y 20%). Se agregó en primer lugar el glicerol a una temperatura de 30-40 °C, al agregar el aceite la temperatura también se aumenta esto debido a que cuando se preparan las películas 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 la baja capacidad emulsionante del polímero que actúa como matriz soporte (Park, 1994).

Una vez que el aceite no se encontró visible se agregó la goma guar y continuó en agitación hasta que se disolvió completamente y alcanzó una viscosidad adecuada.

Ellis, (2001) mencionan que una vez alcanzado el nivel de hidratación máximo, la viscosidad depende de la concentración, peso molecular y distribución de peso molecular de la fracción de galactomanano contenida en la solución. La goma guar es soluble en agua fría y caliente pero se observó que al disolverlo en agua a una temperatura mayor a 40°C se condensaba y no se disolvía completamente. Dinesh (2001) menciona que la viscosidad que imparte la goma guar a la solución depende del tiempo, temperatura, concentración, pH, fuerza iónica y tipo de agitación.

4.1.2 Formación de la película

Una vez realizadas las cuatro formulaciones, éstas se vaciaron en cajas Petri y se colocaron en la estufa de secado a una temperatura de 55-60°C durante 4-5 horas aproximadamente. De acuerdo con Bósquez (2003) las películas se obtienen después que la solución formadora de película se aplica sobre un soporte inerte, se seca y se desprende.

Se consideró para en análisis de caracterización de las películas un medias. El programa utilizado fue Minitab 15.

4.1.3 Caracterización de la película

4.1.3.1 Solubilidad

La solubilidad se define como el porcentaje de materia seca de la película solubilizada luego de 24 horas de inmersión en agua (Gontard, 1994). El análisis estadístico indicó que hay diferencia significativa ($p < 0.01$) respecto a la solubilidad en cada formulación, presentando mejores resultados en las formulaciones B y D (figura 7).

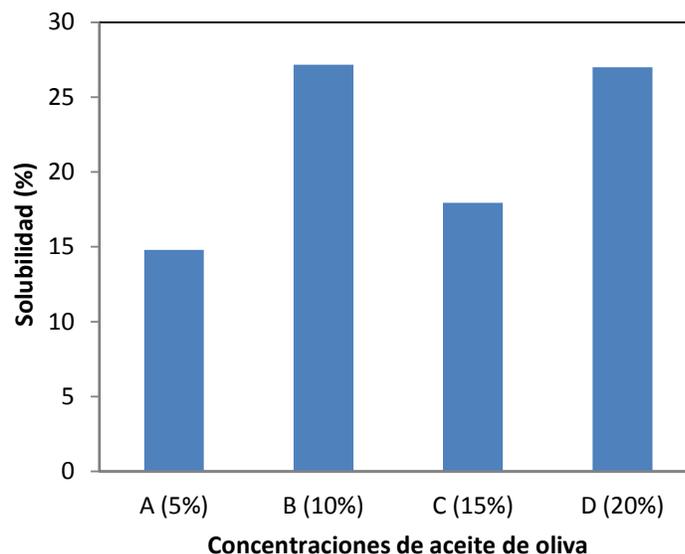


Figura 7. Solubilidad en las películas comestibles

La propiedad de solubilidad es importante ya que se relaciona con el uso que podrá tener la película comestible: es decir, si se desea que proporcione resistencia a la humedad e integridad al alimento se preferirá que la película comestible sea insoluble, mientras que una película soluble se requiere sobre todo si contiene algún ingrediente específico (Pérez, 1999). La película basada en la formulación B (10% aceite de oliva) pues fue la que presentó mayor porcentaje de solubilidad tomando en cuenta que se agregó aceite de oliva como ingrediente adicional.

4.1.3.2 Humedad

La relación que existe entre el peso de agua contenida en la muestra en estado natural y el peso de la muestra después de ser secada se define como contenido de humedad. Este parámetro se obtuvo en porcentaje de las diferentes concentraciones analizadas. El análisis indicó que existe diferencia significativa ($p < 0.01$) respecto a las formulaciones. En base a las concentraciones de aceite de oliva se obtuvo el contenido de humedad, la concentración B (10% de aceite de oliva) fue la que presentó mayor contenido de humedad (Fig. 8), las restantes tuvieron valores similares.

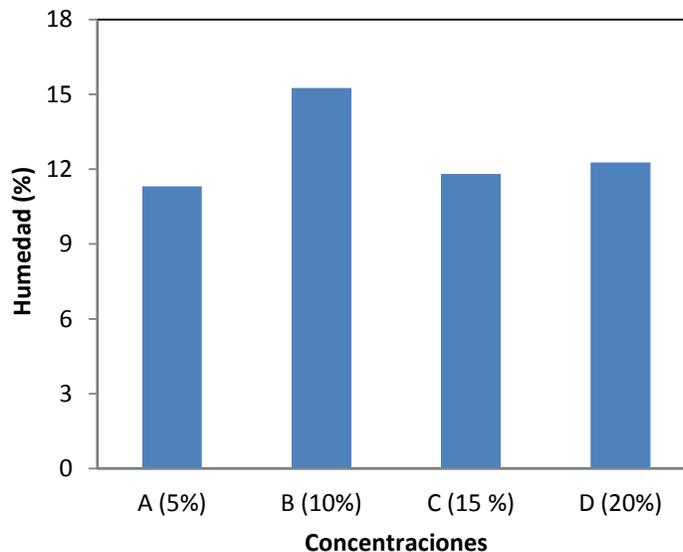


Figura 8. Contenido de humedad

4.1.3.3 Espesor

El análisis arrojó que no existe diferencia significativa respecto al espesor de las formulaciones. En el cuadro 10, se muestran los valores promedio de la medida del espesor expresado en milímetros (mm) para las cuatro formulaciones.

Cuadro 10. Espesores promedio en las concentraciones de las películas comestibles

Muestra	Espesor promedio (mm)	% CV
A	0.18	22.0
B	0.13	10.8
C	0.12	40.1
D	0.15	21.8

En base al contenido de humedad y solubilidad en las películas caracterizadas se seleccionó la formulación B (1.5 % goma guar, 30% de glicerol y 10% aceite de oliva) para la aplicación como recubrimiento comestible en frutos de guayaba (*Psidium Guajava*)..

4.1.4 Adición del antimicrobiano

La resistencia al agua de las películas comestibles portadoras de antimicrobianos es deseable para mantener la integridad de la película si la misma debe utilizarse para conservación de alimentos de humedad intermedia a alta (Ozdemir y Floros, 2007). En base a lo anterior se agregó sorbato de potasio (0.5%) a la formulación seleccionada tomando como referencia el trabajo de Leyva, (2012).

Flores, (2007) determinó que las películas comestibles sin antimicrobiano presentan valores de solubilidad de aproximadamente 20% y en presencia de sorbato de potasio, los valores ascienden a 30%. El objetivo de agregar el antimicrobiano es para obtener un recubrimiento funcional con las propiedades del

aceite de oliva y que además contenga un componente antimicrobiano que mantenga la integridad del alimento.

Una vez realizadas las determinaciones correspondientes y agregado el antimicrobiano, se aplicó el recubrimiento a los frutos de guayaba. Se tomaron dos grupos de frutos; grupo A (con recubrimiento) estos se sumergieron en soluciones del recubrimiento seleccionado (goma guar 1.5%, glicerol 30% sorbato de potasio 0.5% y aceite de oliva 10%) por un minuto y grupo B (testigos) se sumergieron en agua destilada durante 1 minuto. Los frutos se dejaron secar por varias horas a temperatura ambiente y con ventilación como se observa en la figura 9.



Figura 9. Recubrimiento comestible aplicado a frutos de guayaba

4.2 Etapa experimental 2. Aplicación de las películas a base de goma guar sobre frutos frescos de guayaba (*Psidium guajava*)

4.2.1 Tratamientos

Para la evaluación de la segunda etapa se realizó un análisis estadístico este consistió en analizar tres variables físicas de las guayabas; color (L^* , a^* y b^*), peso y firmeza, también se analizaron variables químicas; firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, vitamina C y respiración. Los tratamientos se componen de dos factores, los días transcurridos y el recubrimiento. El diseño utilizado fue un factorial con interacción, además de una prueba de Duncan para la separación de medias. Para la variable de color se hicieron seis repeticiones, para la firmeza nueve y para el resto de las variables fueron tres repeticiones. El programa utilizado fue el SAS 9.0.

4.2.2 Evaluación de parámetros físicos

4.2.2.1 Pérdida de peso

La causa principal de la pérdida de peso en los frutos es la transpiración es decir; el proceso por el cual se pierde agua en forma de vapor a través de aberturas microscópicas en la epidermis de la fruta. En el experimento realizado se presentó diferencia significativa ($p < 0.01$) respecto al tiempo. En cuanto al recubrimiento comestible también hubo diferencia, se presentó una interacción (figura 10). Esto se podría explicar principalmente por la pérdida de agua en los frutos causada por los procesos de respiración y transpiración (Krochta, 1993).

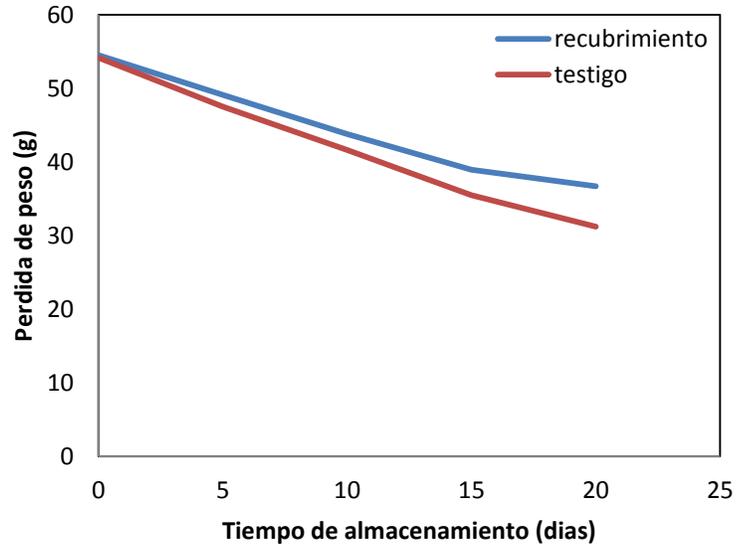


Figura 10. Pérdida de peso

Cenci *et al.* (2002) han destacado que la pérdida de peso por encima del 10% es suficiente para el deterioro de las frutas y con frecuencia está perdida es negligencia de la cadena de comercialización. En la figura 11, se muestran los frutos de guayaba con recubrimiento(R) y testigo (S) utilizados para las pruebas de pérdida de peso.

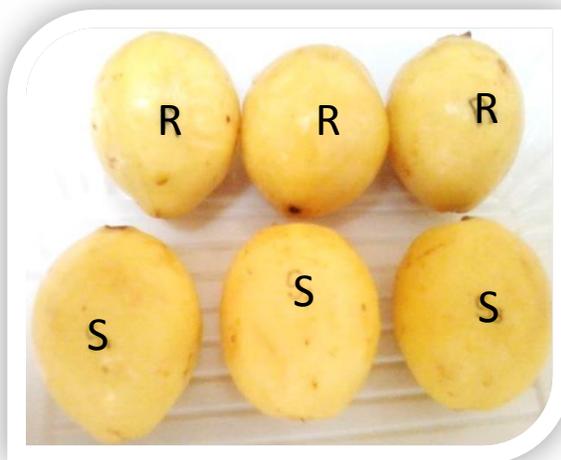


Figura 11. Frutos de guayaba con recubrimiento y testigo

4.2.2.2 Colorimetría

El color de la cascara es la característica más utilizada para evaluar el estado de maduración de las frutas. Los factores relacionados con la apariencia son los atributos de calidad más juzgados por los consumidores a la hora de comprar productos frescos (Kader, 2009).

Se evaluaron los parámetros de color (L^* , a^* y b^*). Para la luminosidad se presentó una diferencia significativa ($p < 0.01$) respecto al tiempo de almacenamiento, se observó que en los días 5 y 10 hubo una pequeña variación, respecto al recubrimiento también hubo diferencia significativa ($p < 0.01$). Como se observa en la figura 12, los frutos con recubrimiento comestible presentaron mayor luminosidad que los frutos testigo, también hubo una interacción, es decir el desempeño de los frutos con recubrimiento comestible fue mejor durante el tiempo de almacenamiento.

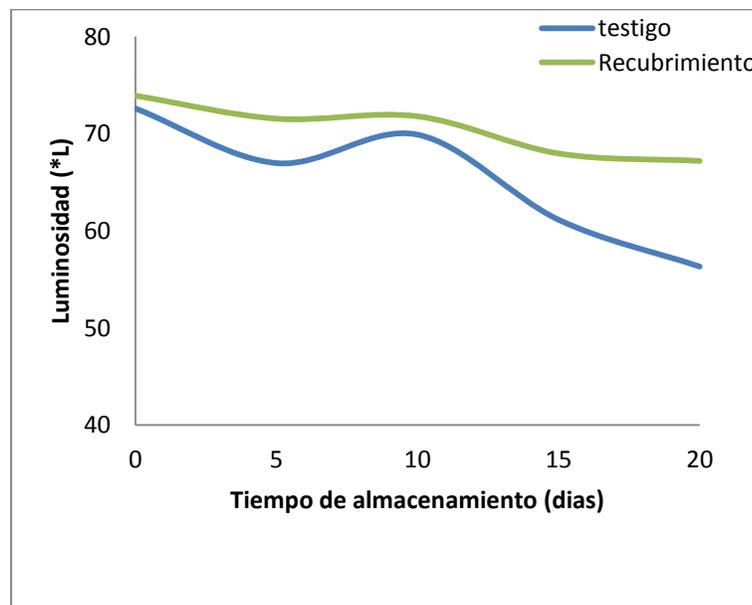


Figura 12. Colorimetría parámetro L^*

El parámetro de luminosidad (L^*) nos indica que a mayor valor numérico, (mayor coloración (brillo) y a menor valor numérico, menor coloración (opacidad),

en base a los resultados obtenidos se puede mencionar que en ambos tratamientos hubo disminución de brillo sin embargo las muestras con recubrimiento presentaron menor disminución con el transcurso de los días de almacenamiento. Acorde a Young Chun *et al.*(2003) la disminución de los valores de L* podría reflejar oscurecimiento del producto durante el periodo de almacenamiento.

Respecto a los valores de la coordenada a* hubo un comportamiento creciente en ambos tratamientos (con recubrimiento y testigo), como se puede apreciar en la figura 13, existe una diferencia significativa ($p < 0.01$) respecto al tiempo de almacenamiento, también presentó diferencia significativa ($p < 0.01$) respecto al recubrimiento, ya que con la cubierta tuvo una diferencia de 4 unidades. Se observó interacción, es decir, el recubrimiento tuvo mejor desempeño en el tiempo esto se puede explicar debido a que con el transcurso del tiempo el cambio de color de las muestras fue descendiendo a rojo marcando un deterioro mayor en las muestras testigo.

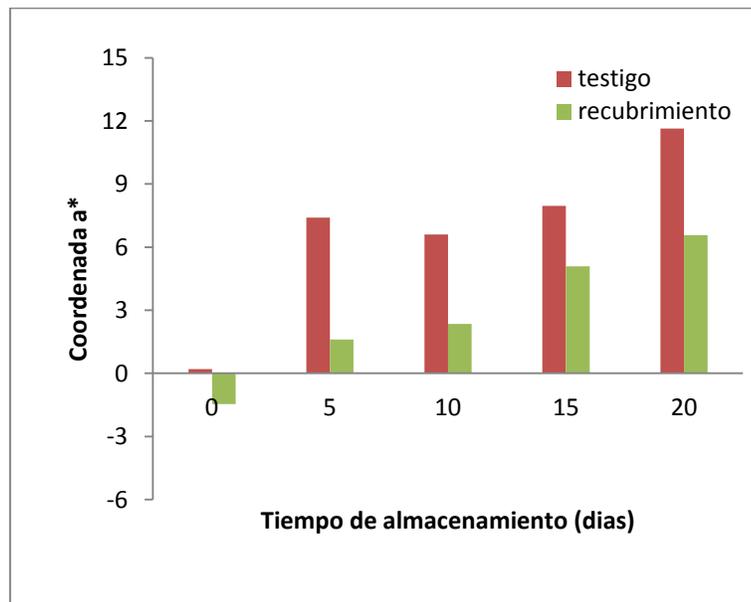


Figura 13. Colorimetría coordenada a*

Para el caso de la coordenada b^* hubo diferencia significativa ($p < 0.01$) respecto al tiempo de almacenamiento, el color fue decreciendo, es decir, el amarillo se fue opacando principalmente en los primeros 10 días, los siguientes permaneció casi constante. En cuanto al recubrimiento también hubo diferencia significativa ($p < 0.01$) ya que su aplicación representó menor cambio de color en cada uno de los días analizados con respecto de las muestras testigo (Fig. 14).

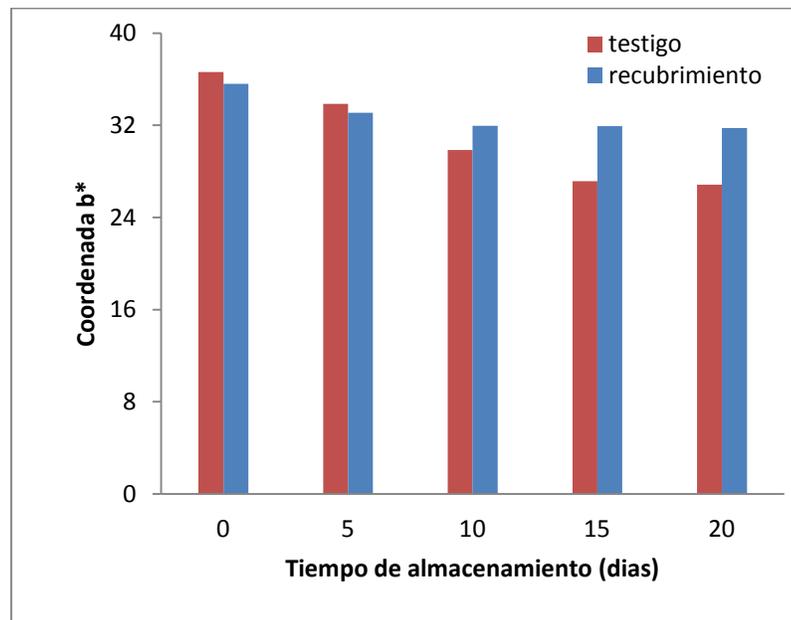


Figura 14. Colorimetría coordenada b^*

Flores *et al* (2007) observaron que los parámetros L^* y b^* en películas de almidón de mandioca con adición de sorbato de potasio no eran significativamente afectadas por el método de preparación sino que, en general, la presencia de sorbato de potasio produce una reducción en los valores de L^* e incrementos en b^* .

4.2.2.3 Firmeza

La firmeza de las frutas depende en gran medida de su contenido de pectina, protopectina y pectina soluble. En el análisis de la firmeza si hubo diferencia significativa ($p < 0.01$) respecto al tiempo de almacenamiento, como se observa en la figura 16 el comportamiento en base al tiempo permaneció casi

constante hasta los 20 días. También se observa que hay diferencia significativa ($p < 0.01$) en los tratamientos con recubrimiento comestible ya que la disminución en valores de firmeza fue menor que la de las muestras testigo. La textura de las frutas cambia debido a la hidrólisis de los almidones y de las pectinas, por la reducción de fibra y por los procesos degradativos de las paredes celulares. Las frutas se tornan blandas y más susceptibles a ser dañadas durante el manejo postcosecha.

Duan *et al* (2008) mencionan que en guayabas la disminución es más rápida afectando la integridad de la pared celular, calidad sensorial y económica de los frutos. En base a lo anterior se podría establecer el tiempo aproximado que tardan los frutos de guayaba con recubrimiento comestible en perder textura.

De acuerdo con Yaman y Bayoindirli (2002), ambientes con atmósfera modificada, reducen la actividad enzimática causante de la degradación de las paredes celulares, permitiendo así la retención de la firmeza de frutas y vegetales.

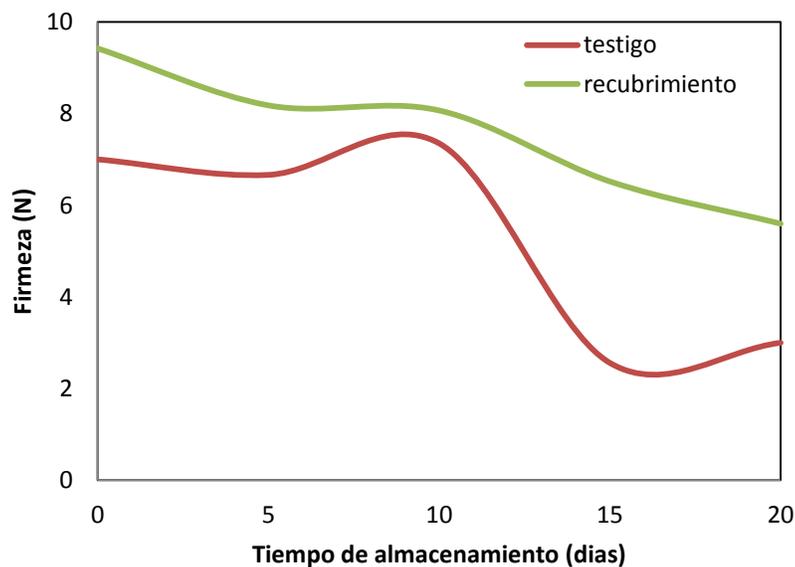


Figura 15. Firmeza en los frutos

4.2.3 Determinaciones químicas

4.2.3 1 Contenido de sólidos solubles totales (SST)

Con la maduración de los frutos el contenido de sólidos solubles totales tiende a aumentar. Los grados Brix representan el (porcentaje) de sacarosa determinado en el jugo del fruto. En el análisis realizado se encontró que existe diferencia significativa ($p < 0.01$) respecto a los días de almacenamiento transcurridos, los valores se incrementaron, con un pequeño cambio entre los 5 y 10 días (figura 16). En cuanto la aplicación de recubrimiento no existe diferencia significativa, pero sí se presentó interacción, es decir, el tratamiento tuvo mejor desempeño respecto al tiempo.

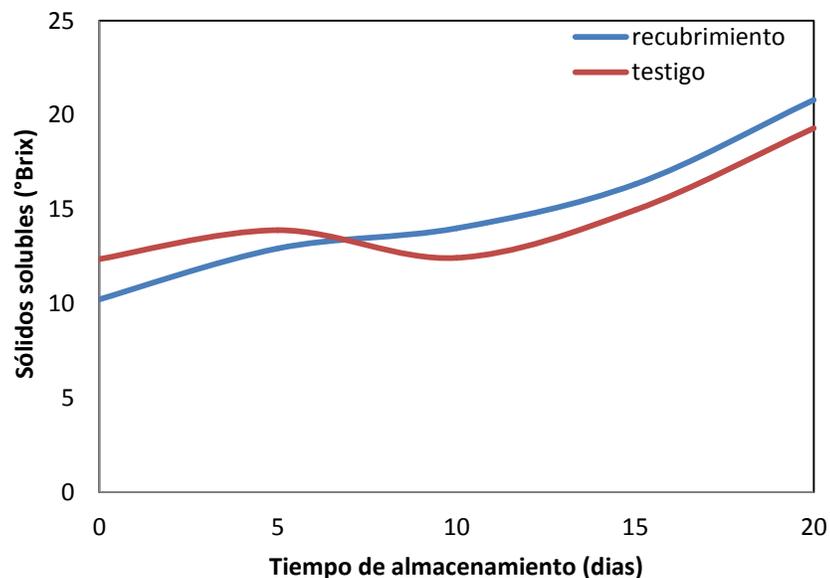


Figura 16. Contenido de sólidos solubles totales

De acuerdo con Fan (1992), puede ocurrir un descenso en los sólidos solubles durante el almacenamiento, que se justifica por el consumo de sustratos en el metabolismo respiratorio de la fruta. En otros estudios realizados por Vargas *et al.* (2006) en fresas recubiertas con una película elaborada a base de quitosano y ácido oleico (1:1) reportaron que no se presentó un cambio significativo en su contenido de sólidos solubles durante el almacenamiento por 10 días. En el

estudio realizado las muestras se almacenaron por 20 días presentando una variación principalmente en tiempo de almacenamiento.

4.2.3.2 pH

El aumento en el pH durante el almacenamiento demuestra la senescencia del producto. Los valores obtenidos demuestran que no existió diferencia significativa en el pH respecto a los días de almacenamiento así como tampoco en muestras con recubrimiento, de hecho el comportamiento fue errático, como se muestra en la figura 17, los valores se concentraron entre 3.5 y 4.5 aproximadamente. En estudios realizados por García (1991) sobre formulaciones de quitosano mencionan que se emplean una y dos capas de la formulación mostrando aumentos menores en pH que las frutas control, es decir estos recubrimientos disminuyeron los cambios en pH, retardando la senescencia del producto. Lo anterior podría explicar los resultados obtenidos pues en estos solo se aplicó una capa, sin embargo esto puede ser favorable en la investigación pues al no mostrar cambios significativos en pH nos indica que la senescencia de los tratamientos fue menor para las muestras de guayaba en ambos tratamientos.

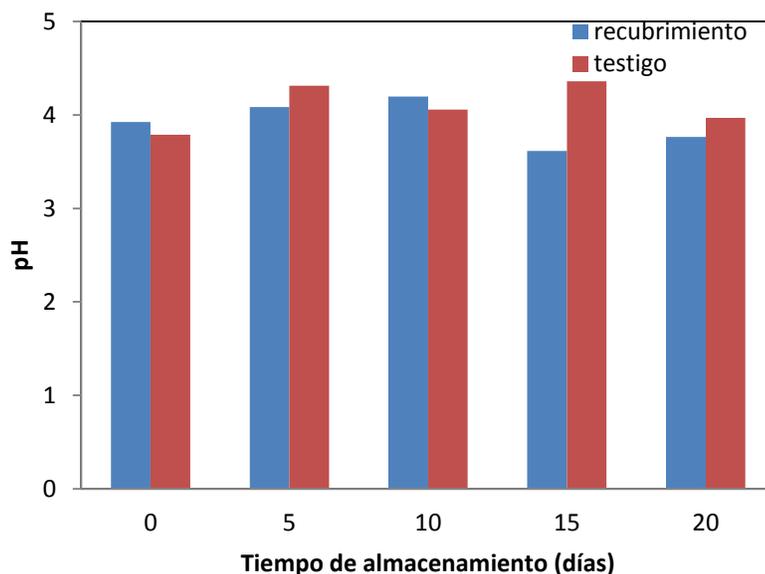


Figura 17. Determinación de pH

4.2.3.3 Acidez titulable

La acidez titulable representa a los ácidos orgánicos que se encuentran libres. La disminución de la acidez en los frutos demuestra que el proceso de senescencia se está desarrollando. En el análisis realizado existió diferencia significativa respecto al tiempo ($p < 0.01$), los valores se incrementaron consistentemente (figura 18). También hubo diferencia significativa respecto al recubrimiento, ya que con éste se tuvo un desempeño mayor. No hubo interacción, es decir, el desempeño con el recubrimiento no se modifica con el tiempo de almacenamiento.

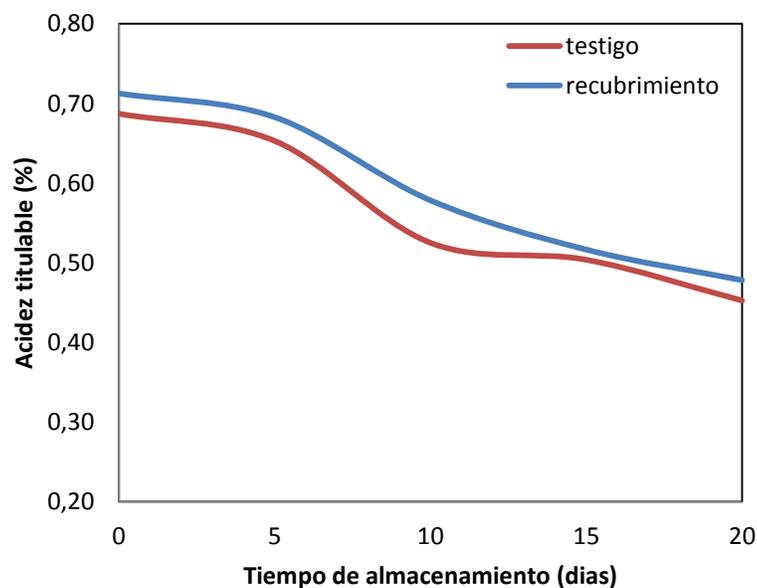


Figura 18. Contenido de ácido cítrico

Esa misma tendencia fue observada por García (1998) al recubrir fresas con una película elaborada a base de almidón. Este comportamiento probablemente es debido a que la película o recubrimiento formado de los frutos pudo haber modificado la atmósfera interna de la fruta, retardando así la maduración. Si la película hace que disminuya la velocidad de respiración, se

retardarían las acciones enzimáticas que ocurren en la respiración y por lo tanto, el uso de ácidos orgánicos (Hernández *et al.*, 2006). Por otro lado estudios presentan el rango de 0.19 a 0.34% de acidez, correspondiendo el límite inferior a guayabas maduras, y señalan que disminuye significativamente a medida que avanza el estado de maduración de la fruta, como consecuencia de la hidrólisis y degradación de los carbohidratos poliméricos (sustancias pécticas y hemicelulosa) aumentando los azúcares en solución.

4.2.3.4 Contenido de vitamina C

La guayaba destaca por su alto contenido en vitamina C (ácido ascórbico); concentra unas siete veces más que la naranja. En el análisis se encontró diferencia significativa ($p < 0.01$) respecto al tiempo con una disminución sostenida (figura 19). También existió diferencia significativa con el recubrimiento, ya que con éste tuvo un promedio de 149.76 mg/100g mientras que sin recubrimiento fue de 134.54 mg/100g de muestra. No se encontraron investigaciones relacionadas con la determinación de vitamina C y aplicación de recubrimientos comestibles en frutos de guayaba.

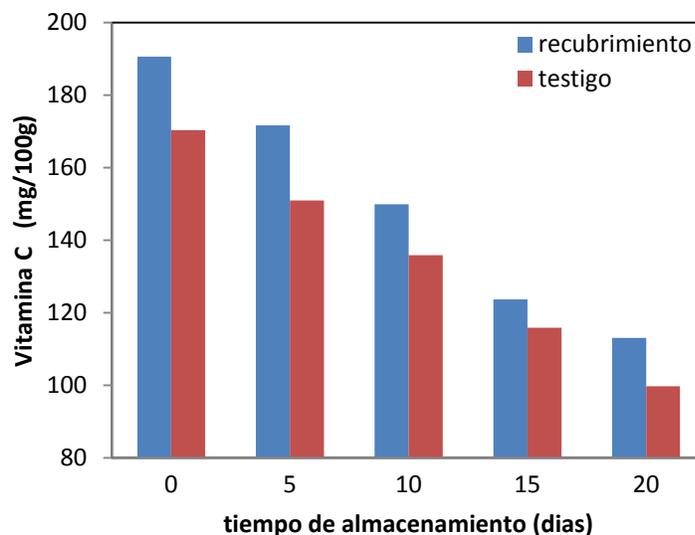


Figura 19. Contenido de vitamina C

4.2.3.5 Respiración

La intensidad respiratoria de un fruto depende de su grado de desarrollo y se mide como la cantidad de CO₂ (mg ó mL) que desprende 1 Kg de fruta por hora de almacenamiento. Se obtuvieron los resultados de O₂ y CO₂ en porcentaje para el cálculo de la velocidad de respiración (mL kg⁻¹ h⁻¹). Una vez obtenidos estos valores se analizaron mediante un ANOVA de un solo factor (testigo y recubrimiento). El análisis arrojó que si existe diferencia significativa (p<0.01) respecto a la aplicación del recubrimiento sobre la tasa respiratoria. El comportamiento se observa en la figura 20, los tratamientos con recubrimiento comestible presentaron menor velocidad de respiración que las muestras testigo. Lo anterior se podría explicar en base a que el recubrimiento comestible actúa como una atmósfera modificada en el fruto.

Soliva *et al.* (2004) mencionan que las atmósferas bajas en O₂ y altas en CO₂ inhiben la producción de etileno en fruta fresca debido al efecto de los bajos niveles de oxígeno sobre la biosíntesis y acción del etileno. En base a lo mencionado los resultados arrojados son favorables pues los tratamientos con recubrimiento presentan menor contenido de CO₂.

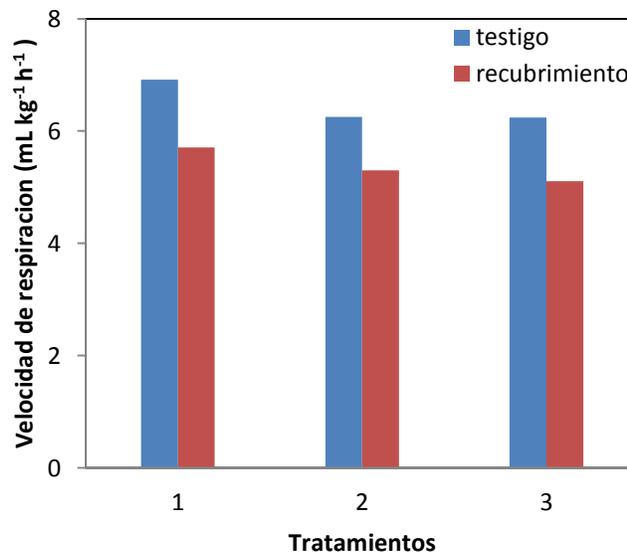


Figura 20. Velocidad de respiración

Acorde a Kader (2002) las condiciones óptimas de almacenamiento para guayabas completamente maduras es a una temperatura de 5-8°C y la vida potencial de almacenamiento 1 semana. En la figura 21, se muestran ambos tratamientos testigo (S, arriba) y con recubrimiento (R, abajo) en el día 12 de almacenamiento a temperatura ambiente 15-25 °C aproximadamente. Cabe mencionar que los frutos utilizados para esta investigación se encontraban en estado de madurez comercial.

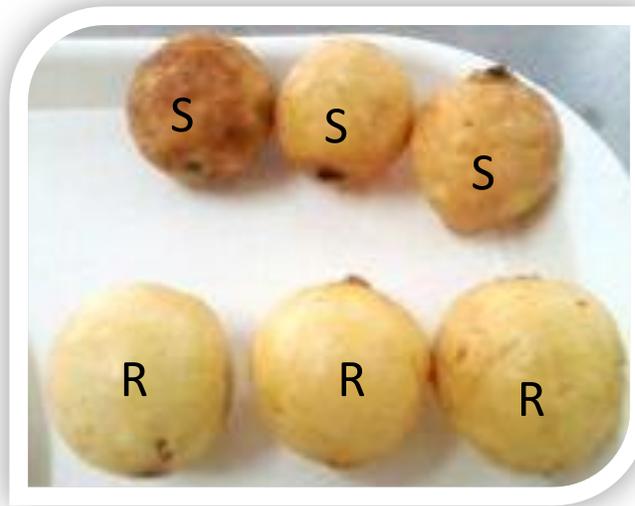


Figura 21. Frutos de guayaba al día 12 de almacenamiento a temperatura ambiente

CONCLUSIONES

- ◆ Se estandarizó la formulación del recubrimiento comestible que presentó mejores resultados B (goma guar 1.5%, glicerol 30% sorbato de potasio 0.5% y aceite de oliva 10%) considerando el porcentaje de humedad y solubilidad.
- ◆ Se evaluaron los parámetros de calidad postcosecha en los frutos de estudio, el uso de recubrimientos a base de goma guar redujo visiblemente los signos postcosecha en frutos de guayaba. En la evaluación de parámetros físicos, los frutos recubiertos presentaron menor pérdida de color (brillo) y retuvieron mejor la firmeza que los frutos testigo. El análisis estadístico arrojó diferencias significativas respecto al tiempo de almacenamiento en sólidos solubles totales, acidez titulable (ácido cítrico) y vitamina C, en cuanto al recubrimiento se presentó diferencia significativa en acidez titulable y vitamina C. El contenido de CO₂ presentó mejores resultados en los tratamientos con recubrimiento, es decir la aplicación de recubrimientos comestibles pueden actuar como una atmosfera modificada alargando la vida de anaquel en los alimentos. Finalmente se puede concluir que el uso de recubrimiento comestible permitió duplicar la vida de anaquel de frutos de guayaba almacenados a temperatura ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- Aserca**, 1996. Estudios del mercado mundial de la guayaba, Revista claridades agropecuarias, Pp. 3-14.
- Ávila**, S.R., y López M.A. 2008. Aplicación de sustancias antimicrobianas a películas y recubrimientos comestibles. Temas selectos de Ingeniería de Alimentos. Volumen 2: Pp. 4-13.
- Badawy**, M., Rabea, E., 2009. Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit. Postharvest Biol. Technol., Pp. 110-117.
- Baldwin**, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O., Hagenmaier, R.D., y Baker, R.A. 1997. Use of lipids enCoatings for food products. Food Technology, Pp. 56-63.
- Baldwin**, E., 2005. Edible coatings In Environmentally friendly technologies for agricultural produce quality. Ed. Taylor and Francis Group LLC, Florida, USA.
- Bashir**, A.; Bakr, A., 2003. Compositional changes during guava fruit ripening. Food Chemistry. Pp. 557-563.
- Bhande**, S., Ravindra, M., Goswami, T., 2008. Respiration rate of banana fruit under aerobic conditions at different storage temperatures. Journal of Food Engineering. Pp. 116-123.
- Bosquez**, E., Vernon, E., Pérez, L., Guerrero, I., 2003. Películas y recubrimientos comestibles para la conservación en fresco de frutas y hortalizas. Industria Alimentaría Pp. 14-29, 32-36.
- Calderón**, A., 1998. Fruticultura General. El Esfuerzo del Hombre. Ed. 3. México, D.F, UTEHA. Pp. 152-189.
- Carbonell**, X. 1995. La alimentación del Próximo Siglo. Fronteras de la Ciencia y la Tecnología. CSIC, nº 7. Madrid, España.

- Cubero, N., Monferrer A., Villalta, J., 2003.**Aditivos Alimentarios. Colección Tecnología de alimentos. Madrid: A. Madrid Vicente- Mundi - Prensa. Pp.189-207.
- Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J.A. y Voilley, G., 1998,** Edible Films and Coatings Tomorrow's Packagings: A Review. *Critical Reviews in Food Science*, Pp. 299-313.
- Díaz, D., 2002.** Fisiología de árboles frutales, Agt., Editor, México, D. F., 2002.
- Drake, S.R., Kupferman, E.M., Fellman, J., 1988.** Bin sweet cherry (*Prunus avium L.*) Quality as influenced by wax coatings and storage temperature. *Journal of Food Science*, Pp. 124-126.
- Duan, X.; Cheng, G., Yang, E., Yi, C., Ruenroengklin, N., Lu, W., Luo, Y., Jiang, Y., 2008.** Modification of pectin polysaccharides during ripening of postharvest of banana fruit. *Food Chemistry*. Pp. 144-149.
- El-Bulk, E., Babiker, E., El-Tinay, A., 1997.** Changes in chemical composition of guava fruits during development and ripening. *Food Chemistry*. Pp. 395-399.
- Flores, S., 2007.** Estudios básicos y aplicados tendientes al desarrollo de películas comestibles que sean soporte del antimicrobiano sorbato de potasio.Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- García, M., Ferrero, C., Bértola, N., Martino, M., Zaritzky, N., 2002.** Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in ries products. *Innovative Food Science and Emerging technology*.
- García, M., Lin, H., Chang, D., 2003.**El cultivo de la guayaba taiwanesa. San Andrés.
- García, M. 2002.**Producción de Guayabas Taiwanesas (Boletín Técnico no. 5)
- Gontard, N., Duchez, C.,Guilbert, S., 1994.**Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapor permeability and other physical properties. En: *International Journal of Food Science and Technology*. 1994.

- Guzman, G.**, 2003. Efecto del tipo de agente plastificante en películas de quitosano. Tesis Licenciatura. UDLAP. Cholula, Puebla.
- Jarret, D., Stopforth, J., Sofos, F.**, 2005. Antimicrobial in Foods. Chapter 3: Sorbic Acid and Sorbates. Taylor & Francis Group, LLC.
- Kester, J. y Fennema, O.**, 1986. Edible Films and Coatings: a review. Food Technology, Pp. 47-59.
- Kamper, S.L., Fennema, O.**, 1984. Water vapor permeability of edible belayed films. Journal of Food Science, Pp. 1478-1481, 1485.
- Krochta, J., Baldwin, E., Nisperos, M.**, 1994. Edible coatings and films to improve Food quality Technomic Publishing Co., Lancaster, Pa., USA.
- Leyva, R.**, 2012. Efecto del recubrimiento de goma guar sobre la calidad microbiológica del tomate saladette. Tesis de Licenciatura de la carrera de Ingeniería en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Malo, S., Campbell, W.**, 1968. Fruit crops fact sheet. The guava, Florida cooperative extension service, university of Florida, institute of food and agricultural Sciences.
- Marín, F.**, 1998. Manejo Postcosecha de Guayaba (*Psidium guajava* L.) en Pacayitas de Turrialba. Consejo Nacional de Producción. San José.
- Martin, M., Mauguin, C., Voilley, A.**, 1992. Hydrophobic film and their efficiency against moisture transfer, Influence of the film preparation technique. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Pp. 40, 407 – 412.
- Miller, K., Krochta, J.**, 1997, Oxygen and aroma barrier properties of edible films. Trends Food Science Technology.

- Miranda, S., López, D., Lara, S., 2003.**Comportamiento de películas de quitosano compuesto en un modelo de almacenamiento de aguate. Journal of the Mexican Chemical Society. Pp 331-336
- Míreles, H., 2011.** Elaboración de recubrimientos y películas comestibles a base de galactomananos y cera de candelilla para extender la vida de anaquel de fresas (*fragaria ananassa*). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo Coahuila. Pp. 10-12
- Morillon, V., Debeaudort, F., Bond, G., Capelle, M., Volley, A. 2002.** Factors acting the moisture permeability o lipid based edible films: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. PP. 67 – 89.
- Nieto, A., 2007.**Frutales nativos, un recurso fitogenético de México. MX, Universidad Autónoma de Chapingo.
- NMX-FF-040-SCFI-2002.**Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - fruta fresca - guayaba (*psidium guajava* L.) – especificaciones (cancela a la NMX-FF-040-1993-SCFI)
- NMX-F-103** Método refracto métrico para la determinación de sólidos solubles en alimentos de frutas y derivados.
- NMX-F-317** Determinación de pH en alimentos.
- Pantastico, 1984.** Fisiología de la Postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales: Editorial continental S.A., 1984.
- Pastor, N., 2010.** Recubrimientos comestibles a base de hidroxilpropil metilcelulosa: caracterización y aplicación. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- Park, H. 1999.** Development of advanced edible coatings for fruit. Frennd Food Science Technology. Pp. 254 – 260

- Park, J., Testin, R., Park, H., Vergano, P., Weller, C., 1994.** Fatty acid concentration effect on tensile strength, elongation, and water vapor permeability of laminated edible films. *Journal of Food Science*, Pp. 916-919.
- Pérez-Gago, M., Nadaud, P., Krochta, J., 1999.** Water vapor permeability, solubility, and tensile properties of heat versus native whey protein films. *Journal of Food Science*.
- Pérez, R., Mitchell, S., Vargas, R., 2008.** *Psidium guajava*: a review of its traditional uses, photochemistry and pharmacology. *Journal of Ethno-pharmacology*.
- Pranoto, Y., Rakshit, S.K., Salokhe, V., 2005.** Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic acid, potassium sorbate and nisin. *LWT-Food Science and Technology*, Pp. 859-865.
- Puente, G., Toca, U., Verde, O., 2002.** Guayaba, análisis de su rentabilidad. *Claridades Agropecuarias*. Pp. 3-30.
- Ramos-García, M., Bautista-Baños, S., Barrera-Necha, L. 2010.** Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología*.
- Ruiz, R., 2004.** Caracterización reológica de emulsiones aceites-en-agua(O-W) estabilizadas con goma de mezquite y quitosano y su efecto en la permeabilidad de películas comestibles. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. México DF. Pp.4, 23-25.
- Sáenz, A., Agüero, O., 2007.** Caracterización de frutos postcosecha en guayaba (*psidium Guajava* L.), principales daños y defectos, consejo nacional de producción dirección de calidad agrícola.
- Salazar, D., Melgarejo, P., Martínez, R., Martínez, J., Hernández, F., Burguesa, M., 2006.** Phenological states of the guava tree (*Psidium guajava* L.). *Scientia Horticulturae*.

- Sharma, S.**, 1981. Gums and Hydrocolloids in oil-water emulsions. Food Technology, Pp. 35, 59-67.
- Tejada, L.**, 1980. Estudio sobre los hospederos potenciales de la mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* Reíd., con énfasis en las presentes en el área del Soconusco, Boletín, SARH. Chiapas, México.
- University of California UC DAVIS.** Postharvest technology maintaining produce quality and safety, disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Guayaba>
- Vargas, M.**, 2008. Recubrimientos comestibles a base de quitosano: Caracterización y aplicación. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Vargas, M., Pastor, C., González, C.**, 2008. Development of edible coatings for fresh fruits and vegetables: Possibilities and limitations. Fresh Produce, Pp. 32-40.
- Yúnez, N.**, 2008. The agriculture of México after ten years of NAFTA Implementation. Documentos de Trabajo Central Bank of Chile Working Papers N° 277.
- Zeledon, R., Wan Fuh J.**, 1994. El cultivo de la guayaba Cañas Guanacaste, Costa Rica.

ANEXOS

Anexo 1. Coeficiente de variación del espesor en las concentraciones de las películas comestibles

Muestra	Espesor promedio	Desviación estándar	Coeficiente de variación	% CV
A	0.18	0.039939955	0.219852963	21.9852963
B	0.13	0.014596803	0.108392104	10.8392104
C	0.12	0.047504737	0.400883853	40.0883853
D	0.15	0.033346664	0.217952052	21.7952052

Anexo 2. Medición del promedio y desviación estándar de los parámetros de colorimetría L*, a* y b*.

Muestra	Espesor promedio	L*	Desvest.	a*	Desvest.	b*	Desvest.
A	22.00	84.77	1.28	0.404	0.34420924	1.758	1.83762619
B	10.80	85.05	0.52	0.332	0.06418723	1.688	0.50839945
C	40.10	83.95	0.93	0.254	0.33515668	1.652	1.47189334
D	21.80	83.70	0.88	2.166	0.2550098	2.166	1.26776575

Anexo 3. Comparación de las películas en base a humedad y solubilidad

Muestras	Humedad (%)	Solubilidad (%)
A1	11.79	1.04
A2	10.84	3.79
B1	15.22	24.82
B2	15.28	29.51
C1	10.78	27.33
C2	12.84	8.56
D1	11.53	33.92
D2	13.01	20.07

Anexo 3. Determinación del contenido de vitamina C en frutos de guayaba con recubrimiento comestible.

mg/100g de vitamina C=VTR*0.088*VT*100/VA*P					
DIA	VT R	VT	P	0.088	mg/100g vitamina C
0	38.8	112	20	0.088	191.2064
	37.9	112	20	0.088	186.7712
	39.3	112	20	0.088	193.6704
5	34	117	20	0.088	175.032
	32.9	117	20	0.088	169.3692
	33.1	117	20	0.088	170.3988
10	28.9	119	20	0.088	151.3204
	29.2	119	20	0.088	152.8912
	27.8	119	20	0.088	145.5608
15	23	124	20	0.088	125.488
	22.2	124	20	0.088	121.1232
	22.8	124	20	0.088	124.3968
20	25	122	20	0.088	134.2
	19.2	122	20	0.088	103.0656
	19	122	20	0.088	101.992

Anexo 5. Determinación de la cantidad de CO₂ en los frutos de guayaba con recubrimiento y testigo

Muestras	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Volumen frasco (mL)	Volumen final (mL)	Volumen final/peso (mL/kg)	pendiente CO ₂	RCO ₂ (mg/Kg*h)
CR1	8.6	58.12	1793	1793	3059.72696	0.0038	11.6269625
CR2	3.3	62.7	1793	1793	2832.54344	0.0038	10.7636651
CR3	5.8	65.2	1793	1793	2724.92401	0.0038	10.3547112
SR1	5.1	54.6	1793	1793	3254.08348	0.0029	9.43684211
SR2	1.3	60.7	1793	1793	2924.95922	0.0029	8.48238173
SR3	1.3	60.8	1793	1793	2924.95922	0.0029	8.48238173