

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERÍA EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**Efecto comparativo de tres biopelículas funcionales sobre la
calidad postcosecha de manzana Golden mínimamente
procesada**

POR:

GISSELLE ANAHI SOLIS CONTRERAS

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para obtener el título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Saltillo, Coahuila, México, Diciembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

"Efecto comparativo de tres biopelículas funcionales sobre la calidad postcosecha de manzana Golden mínimamente procesada"

POR:

GISSELLE ANAHI SOLIS CONTRERAS

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

La cual fue revisada y aprobada por:

COMITÉ ASESOR



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Asesor principal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla

Asesor



Dr. José Daniel Corona Flores

Asesor



Dr. José Dueñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

"Efecto comparativo de tres biopelículas funcionales sobre la calidad postcosecha de manzana Golden mínimamente procesada"

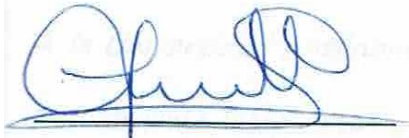
POR:

GISSELLE ANAHI SOLIS CONTRERAS

TESIS

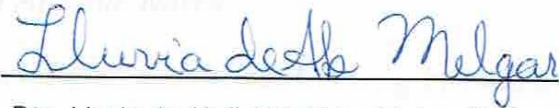
Presentada como Requisito Parcial para obtener el título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

JURADO CALIFICADOR



Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Presidente



Dra. Lluvia de Abril Alexandra Melgar Soriano

Vocal



M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla

Vocal



Dr. José Daniel Corona Flores

Vocal suplente



Dr. José Dueñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2019

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida, por darme la sabiduría y la paciencia para terminar este proyecto. Le doy gracias por darme salud, por cuidarme y guiarme para cumplir todas mis metas.

A mi familia

Por su apoyo incondicional, sus consejos, su amor y su confianza. Les agradezco todo lo que me han brindado y gracias por ser mi motivación para lograr mis objetivos.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Por abrirme las puertas y poder pertenecer a esta institución y brindarme las herramientas necesarias para formarme como profesionista. Alma Terra Mater...

A la Dra. Xochitl Ruelas Chacón

Por brindarme el apoyo incondicional en este trabajo y por compartirme de su gran sabiduría en el transcurso de mi estancia en la Universidad. Le agradezco el tiempo que me brindo en la realización de este proyecto y por haberme permitido trabajar con ella. Muchas Gracias!!!...

A mis asesores y jurado calificador, Dra. Lluvia de Abril Alexandra Melgar Soriano, M.C. Oscar Noé Reboloso Padilla y al Dr. José Daniel Corona Flores
Por su importante colaboración y valioso tiempo en la realización de esta investigación y por los conocimientos que me transmitieron, gracias por el apoyo y por formar parte de este proyecto

A mis amigos y amigas

Ya que la amistad representa algo muy valioso y sincero, a ti Sanjuana, Pamela, Rosy, Kenneth, Tacho, Mike, Larissa, Maryana.

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

GRACIAS!!

DEDICATORIA

A mi Madre

Nancy Alicia Solís Contreras, a ella principalmente le dedico este logro con todo mi amor y mi cariño, por brindarme su apoyo incondicional y alentarme a seguir adelante siempre.

A mis Abuelos

Fidencio Solís Lara (†) y Alicia Contreras Rubio, por el apoyo y amor incondicional que me brindaron.

A mis Tíos

Mireya Solís (†), Natalio Contreras, Rolando Solís, Fidencio Solís, Eva Rodríguez, Raúl Cruz, Silvia Solís, por el apoyo que me brindaron en el transcurso de mi carrera profesional.

A mis sobrinos

Gael, Ethan, Yael, Gaby, Ximena, Darla, Aixa, Yerahi, por alegrar mi vida con su inocencia y su amor sincero.

A mi hermana Katia Solís y a todos mis primos

Por siempre creer en mí y apoyarme en todo, los quiero mucho.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PAG.
Agradecimientos.....	IV
Dedicatoria	VI
Índice general.....	VII
Índice de cuadros	XI
Índice de figuras	XII
Resumen	XIV
CAPÍTULO I.....	1
Introducción	1
1.1.- Objetivos	3
1.1.1.- Objetivo general	3
1.1.2.- Objetivo específico	3
1.2.- Hipótesis	3
1.3.- Justificación.....	4
CAPÍTULO II	5
2.- Revisión de literatura	5
2.1.- Recubrimientos comestibles (RC).....	5
2.1.1.- Definición	5
2.1.2.- Importancia de los recubrimientos (RC) y películas comestibles (PC)..	6
2.1.3.- Funciones de los recubrimientos comestibles (RC) y películas comestibles (PC).....	6
2.1.4.- Ventajas y propiedades de los RC y PC	8
2.1.5.- Composición de los RC y PC	9
2.1.6.- Composición de las matrices	11

2.1.6.1.- Hidrocoloides.....	11
2.1.6.2.- Lípidos.....	11
2.1.6.3.- Compuestos	11
2.1.6.4.- Polisácaridos	12
2.1.6.4.1.- Celulosa	12
2.1.6.4.2.- Almidón	12
2.1.6.4.3.- Quitosano	13
2.1.7.- Aplicación de RC y PC	13
2.1.8.- Conservación de frutas y hortalizas mediante los recubrimientos comestibles (RC).....	14
2.1.9.- Aditivos formadores de RC y PC.....	15
2.2.- Aceites esenciales.....	16
2.2.1.- Aceite de canela.....	17
2.2.1.1.- Componentes del aceite de canela	17
2.2.1.2.- Propiedades del aceite de canela.....	17
2.3.- Tween 80	18
2.4.- Glicerol	18
2.5.- Goma guar	19
2.6.- Manzana Golden	20
2.6.1.- Principal producción en México.....	20
CAPÍTULO III	21
3.- Materiales y métodos	21
3.1.- Materiales, equipos y reactivos	21
3.1.1.- Materiales.....	21
3.1.2.- Equipos	22

3.1.3.- Reactivos	22
3.2.- Métodos	23
3.2.1.- ETAPA EXPERIMENTAL I	23
3.2.1.1.- Preparación de las biopelículas funcionales.....	23
3.2.1.2.- Aplicación de las biopelículas funcionales.....	25
3.2.2.- ETAPA EXPERIMENTAL II	26
3.2.2.1.- Evaluación de parámetros físicos.....	26
3.2.2.1.1.- Cambio de peso	27
3.2.2.1.2.- Color.....	27
3.2.2.1.3.- Firmeza	27
3.2.2.2.- Evaluación de parámetros químicos	28
3.2.2.2.1.- Sólidos solubles totales.....	28
3.2.2.2.2.- Acidez titulable	28
3.2.2.2.3.- Vitamina C.....	30
3.2.2.2.4.- Respiración	31
3.2.3.- ETAPA EXPERIMENTAL III	32
3.2.3.1.- Evaluación sensorial.....	32
CAPÍTULO IV	34
4.- Resultados y discusiones.....	34
4.1.- Evaluación de parámetros físicos y químicos	34
4.1.1.- Evaluación de parámetros físicos.....	34
4.1.1.1.- Peso	34
4.1.1.2.- Color.....	35
4.1.1.2.1.- Parámetro L* (Luminosidad).....	36
4.1.1.2.2.- Coordenada a*	37

4.1.1.2.3.- Coordenada b*	37
4.1.1.3.- Firmeza	38
4.1.2.- Evaluación de parámetros químicos	39
4.1.2.1.- Sólidos solubles totales.....	39
4.1.2.2.- Ácido titulable	40
4.1.2.3.- Vitamina C.....	41
4.1.2.4.- Respiración	42
4.2.- Evaluación del análisis sensorial.....	44
4.2.1.- Apariencia global.....	45
4.2.2.- Color.....	46
4.2.3.- Olor	47
4.2.4.- Textura	48
4.2.5.- Sabor.....	48
4.2.6.- Aceptación global.....	49
4.3.- Comparación de los tratamientos.....	50
4.4.1.- Comparación de parámetros físicos y químicos.....	50
4.4.2.- Comparación de análisis sensorial.....	51
CAPÍTULO V	52
5.- Conclusiones	52
CAPÍTULO VI	53
6.- Bibliografía	53
CAPÍTULO VII	60
7.- Anexos	60

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PAG.
Cuadro 1.- Recubrimientos comestibles aplicados a frutas y hortalizas.....	7
Cuadro 2.- Producción de manzana en México.....	20
Cuadro 3.- Tasa de producción de CO ₂ (%) durante 24 h en vegetales minimamente procesados	43
Cuadro 4.- Resultados de la prueba hedónica	45
Cuadro 5.- Comparación de parámetros físicos y químicos.....	50
Cuadro 6.- Comparación de análisis sensorial.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PAG.
Figura 1.- Formación de una película comestible.....	5
Figura 2.- Aplicación de la película al alimento por el método de inmersión.....	5
Figura 3.- Transferencias que pueden ser controladas por barreras comestibles ..	9
Figura 4.- Estructura molecular del almidón.....	12
Figura 5.- Estructura molecular del quitosano.....	13
Figura 6.- Estructura molecular del glicerol.....	18
Figura 7.- Estructura molecular de la goma guar	19
Figura 8.- Elaboración de la biopelícula	25
Figura 9.- Aplicación de las biopelículas	25
Figura 10.- Balanza para determinar el peso de muestras.....	26
Figura 11.- Medición de color.....	27
Figura 12.- Medición de firmeza.....	28
Figura 13.- Medición de acidez	29
Figura 14.- Medición de vitamina C.....	31
Figura 15.- Medición de contenido de CO ₂	32
Figura 16.- Juez entrenado evaluando las muestras	33
Figura 17.- Cambio de peso de las muestras de cada tratamiento. Promedio de las tres repeticiones que se realizaron durante los 25 días	35
Figura 18.- Valores del parámetro L (luminosidad) de las muestras de cada tratamiento. Promedio de las tres repeticiones que se realizaron durante los 25 días	36
Figura 19.- Valores de la coordenada a* de las muestras de cada tratamiento. Promedio de las tres repeticiones que se realizaron durante los 25 días	37

Figura 20.- Valores de la coordenada b^* de las muestras de cada tratamiento. Promedio de las tres repeticiones que se realizaron durante los 25 días	38
Figura 21.- Firmeza (N) de las muestras de cada tratamiento. Promedio de las tres repeticiones que se realizaron durante los 25 días	39
Figura 22.- Sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix) de las muestras de cada tratamiento. Promedio de las tres repeticiones que se realizaron durante los 25 días	40
Figura 23.- Acidez titulable (%) de las muestras de cada tratamiento. Promedio de las tres repeticiones que se realizaron durante los 25 días.....	41
Figura 24.- Contenido de vitamina C (mg/g) de las muestras de cada tratamiento, promedio de las tres repeticiones que se realizaron durante los 25 días	42
Figura 25.- Aplicación de proceso térmico (escaldado) a la manzana	44
Figura 26.- Resultados de las medias obtenidas para apariencia global mediante escalas hedónicas de 7 puntos realizadas por jueces entrenados.....	46
Figura 27.- Resultados de las medias obtenidas para el color mediante escalas hedónicas de 7 puntos realizadas por jueces entrenados.....	47
Figura 28.- Resultados de las medias obtenidas para el olor mediante escalas hedónicas de 7 puntos realizadas por jueces entrenados.....	47
Figura 29.- Resultados de las medias obtenidas para la textura mediante escalas hedónicas de 7 puntos realizadas por jueces entrenados.....	48
Figura 30.- Resultados de las medias obtenidas para el sabor mediante escalas hedónicas de 7 puntos realizadas por jueces entrenados.....	49
Figura 31.- Resultados de las medias obtenidas para la aceptación global mediante escalas hedónicas de 7 puntos realizadas por jueces entrenados	50

RESUMEN

El desarrollo de películas y recubrimientos comestibles aplicados a productos hortofrutícolas tanto frescos como mínimamente procesados ha generado recientes avances respecto al efecto sinérgico de los componentes sobre la vida de anaquel de dichos alimentos (Quintero *et al.*, 2010).

Los recubrimientos son matrices continuas formuladas a base de lípidos, proteínas o carbohidratos, o mezclas de estos componentes, que les confieren diferentes propiedades fisicoquímicas.

Los recubrimientos pueden servir como vehículos para un amplio rango de aditivos, incluyendo compuestos antimicrobianos, con la finalidad de proporcionarles mayores atributos como es el control de microorganismos. Entre los aditivos naturales están los aceites esenciales (Bautista-Silvia, 2010).

Para prolongar la vida postcosecha de los productos hortofrutícolas se han implementado diferentes tecnologías, entre ellas: el almacenamiento a bajas temperaturas, la utilización de empaques plásticos para crear atmósferas modificadas, la aplicación de tratamientos hidrotérmicos, irradiación y formulaciones que contienen agentes biológicos, entre otras (Quezada *et al.*, 2003).

En la presente investigación se evaluó el efecto comparativo de las biopelículas funcionales a base de goma guar, quitosano y una compuesta de goma guar y almidón, todas éstas con cierta proporción de aceite de canela, aplicadas sobre manzanas mínimamente procesadas. Se evaluó el efecto de las biopelículas sobre la calidad postcosecha durante 25 días realizando la evaluación cada 5 días, a temperatura de 10 °C.

La primera etapa experimental fue la elaboración y la aplicación de las diferentes biopelículas a las muestras de manzana mínimamente procesada. La segunda etapa fue la evaluación de parámetros físicos y químicos, tales como: pérdida de peso, color, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, vitamina C y respiración. Y la tercera etapa consistió en la realización de una evaluación sensorial, en la cual se evaluaron parámetros de apariencia global, color, olor, sabor, textura y aceptación global, los cuáles fueron llevados a cabo por un panel de jueces entrenados.

El diseño experimental fue un diseño completamente al azar, donde se realizó un análisis de varianza ANOVA y comparación de medias LSD Fisher. La aplicación del recubrimiento comestible a base de ácido cítrico, quitosano, tween 80 y aceite de canela ayudó de una forma más eficaz, a alargar la vida de anaquel de la manzana mínimamente procesada a diferencia de los demás tratamientos (B y C). El análisis de varianza presentó diferencia significativa ($p > 0.05$) respecto al tiempo de almacenamiento en pérdida de peso, color, firmeza, y en los parámetros químicos de SST, acidez titulable y vitamina C.

En cuanto a la evaluación sensorial, el tratamiento que obtuvo la preferencia de los jueces, fue el tratamiento C, en comparación con los demás tratamientos. En el análisis de varianza se observó diferencia significativa ($p > 0.05$) entre las muestras en atributos de apariencia global, color, olor, textura, sabor; y aceptación global. La prueba aplicada en el análisis sensorial fue una prueba hedónica de 9 puntos. Los resultados se analizaron en el paquete estadístico Infostat aplicando un análisis de varianza y en caso de existir diferencia significativa se realizó una comparación de medias de LSD Fisher. Con base en los resultados se logra concluir que el uso del recubrimiento comestible a base de goma guar, glicerol y aceite de canela ayudó a alargar la vida de anaquel de manzana mínimamente procesada en comparación a los demás tratamientos, éste resulta ser la mejor opción para aplicar en manzana mínimamente procesada, sabiendo que alargará la vida de anaquel y además conservará la calidad postcosecha de los frutos.

Palabras claves: Recubrimiento comestible, goma guar, quitosano, almidón, aceite de canela, funcional.

Correo electrónico; Gisselle Anahí Solís Contreras, giss.soco23@gmail.com;

Dra. Xochitl Ruelas Chacón (Asesora) xruelas@uaaan.edu.mx

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

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 (Ramos *et al.*, 2010).

Por otra parte, una película comestible (PC) es una matriz preformada, delgada, que posteriormente será utilizada en forma de recubrimiento del alimento o estará ubicada entre los componentes del mismo.

El uso de una PC o RC 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. Dichas soluciones formadoras de PC o RC pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de éstos (Quintero *et al.*, 2010).

Al igual que los RC, las PC poseen propiedades mecánicas, generan efecto barrera frente al transporte de gases y pueden adquirir diversas propiedades funcionales dependiendo de las características de las sustancias encapsuladas y formadoras de dichas matrices (Vasconez *et al.*, 2009).

Aplicar recubrimientos comestibles en frutas a partir de fuentes renovables, como lípidos, polisacáridos y proteínas, así como mezclas de éstos, disminuyen su tasa de respiración y retrasan su pérdida de peso por deshidratación, prolongan su pérdida de firmeza y pigmentación, causado por microorganismos. Además, se inhibe el pardeamiento enzimático y reacciones metabólicas asociada con maduración y se promueve la conservación de propiedades mecánicas y se conservan las características sensoriales ya que se retrasa la maduración y se incrementa la vida útil de la fruta (Vázquez-Briones, 2013).

El aceite esencial de canela se obtiene de las hojas de *Cinnamomum zeylanicum*, siendo el principal componente el cinamaldehído (entre 80 a 90 % en el aceite esencial). También contiene eugenol, acetato de cinamilo, alcanfor, β -cariofileno, linalol y cumarinas (Charri-Katherine *et al.*, 2017).

El propósito de este proyecto es incrementar la calidad y la vida de anaquel de la manzana mínimamente procesada; con diferentes tratamientos, para hacer una comparación entre los tratamientos para ver cuál es más efectivo.

1.1.- OBJETIVOS

1.1.1.- Objetivo general

- Evaluar el efecto de las biopelículas a base de goma guar, quitosano y una compuesta a base de goma guar y almidón, con aceite de canela sobre parámetros de calidad de la manzana mínimamente procesada durante 25 días de almacenamiento a temperatura de refrigeración.

1.1.2.- Objetivo específico

- Evaluar fisicoquímica y sensorialmente la efectividad de los recubrimientos funcionales aplicados a la manzana mínimamente procesada y almacenada a temperatura de refrigeración durante un periodo de 25 días.

1.2.- HIPÓTESIS

La aplicación de diferentes biopelículas funcionales, pueden ser una buena alternativa para conservar la calidad y aumentar la vida de anaquel de la manzana mínimamente procesada.

1.3.- JUSTIFICACIÓN

Los cambios en el estilo de vida que la gente experimenta en los últimos años, así como, su mayor conciencia de la importancia de consumir alimentos saludables, han causado un incremento en el consumo de alimentos listos para comer, en especial de frutas mínimamente procesadas (Casariego *et al.*, 2011).

El uso de recubrimientos en frutas y hortalizas ha sido implementado durante mucho tiempo para cumplir requerimientos de calidad, debido a que éstos pueden mejorar el aspecto exterior de los productos. Sin embargo, el alcance de la aplicación de éstos va más allá, ya que pueden evitar el deterioro por causa del contacto con la humedad, reducir la tasa de respiración de las frutas climatéricas, presentar efectos de barreras antimicrobianas, disminuir daños físicos durante el transporte y manipulación de los productos. La procedencia de los recubrimientos usados en frutas y hortalizas es variada, desde ceras naturales, polímeros extraídos de fuentes naturales como el almidón o la quitina, ésteres de alto peso molecular obtenidos a partir del petróleo, entre otros. La aplicabilidad de los recubrimientos depende de las características que se deseen preservar en el producto al que se aplica, por lo que es necesario tomar en cuenta la naturaleza del producto que se recubrirá y las condiciones en las cuales se manipula (Arévalo-Alvarenga *et al.*, 2018).

El propósito de esta investigación es evaluar el efecto comparativo de los recubrimientos bioactivos a base de goma guar, quitosano, almidón y aceite esencial de canela, para elegir cuál de ellos es más eficaz para alargar la vida de anaquel y mantener las características de calidad en manzana mínimamente procesada a temperatura de refrigeración durante 25 días.

CAPÍTULO II

2.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- Recubrimientos comestibles (RC)



FIGURA 1. Formación de una película comestible

2.1.1.- Definición

Un recubrimiento comestible se define como el revestimiento de un producto vegetal con una o varias capas finas de material natural y comestible como se muestra en la figura 1, elaborados con biopolímeros naturales de alto peso molecular (Escobar, 2014). Mientras que la película comestible es también una capa (o varias) fina de material polimérico comestible pero que es primero preformada y después colocada sobre el alimento o entre componentes del mismo, (Parshad y Kalia, 2015). Por lo que los recubrimientos comestibles son aplicados en forma líquida por inmersión (como se muestra en la figura 2) o pulverización formándose la película sobre el alimento (Dahall, 2013).



FIGURA 2. Aplicación de la película al alimento por el método de inmersión

2.1.2.- Importancia de los recubrimientos (RC) y las películas comestibles (PC)

La demanda creciente por parte de los consumidores de alimentos fáciles de preparar o de consumir, seguros, naturales, con propiedades biológicas más allá de las nutricionales, y todo ello sin renunciar a las características sensoriales de frescura del alimento, han motivado a los investigadores e industriales a desarrollar nuevas tecnologías de procesado y conservación conocidas como “procesado mínimo”, cuyo principal objetivo es la inactivación de enzimas y de microorganismos alterantes y/o patógenos que dan lugar al deterioro del producto pero eliminando las consecuencias adversas de las tecnologías tradicionales (tratamientos térmicos, secado, acidificación, salado, aditivos químicos, etc.), relacionadas con la pérdida de calidad sensorial y nutricional (De Ancos-Begoña *et al.*, 2015).

Las películas y recubrimientos antimicrobianos han innovado el concepto de empaque activo y se han desarrollado para reducir, inhibir o detener el crecimiento de microorganismos sobre la superficie de los alimentos (Quintero *et al.*, 2010).

En la mayoría de los productos frescos o procesados, la contaminación microbiana se lleva a cabo con una alta intensidad sobre la superficie del alimento, por lo tanto, se requiere un efectivo sistema de control de crecimiento de dicha biota (Quintero *et al.*, 2010).

Tradicionalmente, los agentes antimicrobianos son adicionados directamente a los alimentos, pero su actividad puede ser inhibida por diferentes sustancias que forman parte del alimento, de manera que se puede disminuir su eficiencia. En tales casos, la implementación de películas o recubrimientos antimicrobianos puede ser más eficiente que los aditivos que se utilizan en el producto alimenticio, ya que desde éstos se puede migrar selectiva y gradualmente compuestos desde el empaque a la superficie del alimento (Quintero *et al.*, 2010).

2.1.3.- Funciones de los recubrimientos comestibles (RC) y las películas comestibles (PC)

El uso de recubrimientos comestibles se ha incrementado en las últimas dos décadas debido a sus ventajas ambientales favorables frente a los recubrimientos sintéticos (Moncayo, 2013).

Dichos recubrimientos, al controlar transferencia de humedad, gases y compuestos volátiles, han demostrado la capacidad de mejorar la integridad y la calidad de los alimentos, además de prolongar su vida de almacenamiento. Sin embargo, al recubrir un fruto u hortaliza para retardar la pérdida de humedad, es necesario que exista una cierta permeabilidad al oxígeno y dióxido de carbono para evitar una respiración anaeróbica que podría inducir desórdenes fisiológicos y una pérdida rápida de la calidad y vida de anaquel en los mismos. En el cuadro 1, se muestran diferentes recubrimientos aplicados a frutas y hortalizas. También, las PC y RC pueden admitir y transportar ingredientes funcionales, tales como: antioxidantes, antimicrobianos, nutrimentos, sabores y colorantes para destacar la calidad, funcionalidad y seguridad de los alimentos, siendo ésta actualmente una de las características más importantes en el uso de cubiertas (Falguera *et al.*, 2011).

CUADRO 1.- Recubrimientos comestibles aplicados a frutas y hortalizas

Aplicación	RC	Función	Referencia
Mango	Quitosano	Reducción en la pérdida de agua, propiedades sensoriales y se inhibió el crecimiento de microorganismos.	(Chien <i>et al.</i> , 2007)
	Almidón de papa y yuca	Mantuvo la apariencia, color, firmeza y reducción de respiración.	(Navarro <i>et al.</i> , 2011)
Banano	Ácido ascórbico, cloruro de Calcio, cisteína, Carragenina	Reducción del pardeamiento enzimático y mantenimiento de la firmeza ¹ .	
Brócoli	Quitosano	Reducción de la carga microbiana mesófila ² .	
Manzana	Alginato, goma gellan	Reducción de pérdida de humedad. Ralentización de la respiración	(Rojas-Graü <i>et al.</i> , 2007)

Aplicación	RC	Función	Referencia
zanahoria	Cera de abeja, gomas (Guar y Xanthan), aceite de canola, tintura de propóleo	Inhibición del crecimiento de mohos y levaduras. Reducción de pérdida de peso y color.	Moreno Herrera, 2013
Fresa	Mucilago de cactus	Mantuvo la textura, color y atributos sensoriales.	(Del-Valle <i>et al.</i> , 2005)
	Quitosano	Barrera a los gases, reducción de pérdida de humedad y efecto antifúngico ³ .	(Assis y Pessoa, 2004)
	Quitosano, almidón con aceite esencial de canela	Mantuvo el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante. Retrasó el desarrollo microbiano.	(López <i>et al.</i> , 2012)
Pera	Metilcelulosa	Reducción del pardeamiento.	(Olivas <i>et al.</i> , 2003)
Tomate	Cera de laurel, aceite de oliva, Tween 80, propilenglicol, glicerol, glucosa	Buenas características funcionales y mecánicas. Reducción de la pérdida de peso, una mayor firmeza y buena apariencia.	Andrade <i>et al.</i> , 2014

(Falguera *et al.*, 2011).

2.1.4.- Ventajas y Propiedades de los RC y PC

Un RC o PC es un material de envoltura (empaquete) delgado empleado en la industria de alimentos y que puede ser consumido como parte del mismo producto, debido a que proviene de polímeros biodegradables, no tóxicos y que ayudan a incrementar la calidad de los alimentos durante su conservación (Sánchez-González *et al.*, 2011). Según Falguera *et al.*, (2011) las películas y recubrimientos deben presentar ciertas exigencias funcionales que permitan controlar o aminorar las causas de alteración de los alimentos a recubrir como se muestra en la figura 3. Algunas de estas ventajas y propiedades son:

- Ser libres de tóxicos y seguros para la salud.
- Deben requerir una tecnología simple para su elaboración.
- Ser protectores de la acción física, química y mecánica.
- Presentan propiedades sensoriales: deben ser transparentes y no ser detectados durante su consumo.
- Mejoran las propiedades mecánicas y preservan la textura.

- Prolongan la vida útil de alimentos a través del control sobre el desarrollo de microorganismos.
- Pueden regular distintas condiciones de interface o superficiales del alimento, a través del agregado de aditivos como antioxidantes, agentes antimicrobianos y nutrientes.
- Presentan propiedades de barrera como transferencia de distintas sustancias, adecuada permeabilidad al vapor de agua, solutos y una permeabilidad selectiva a gases y volátiles, desde el alimento hacia el exterior y viceversa.

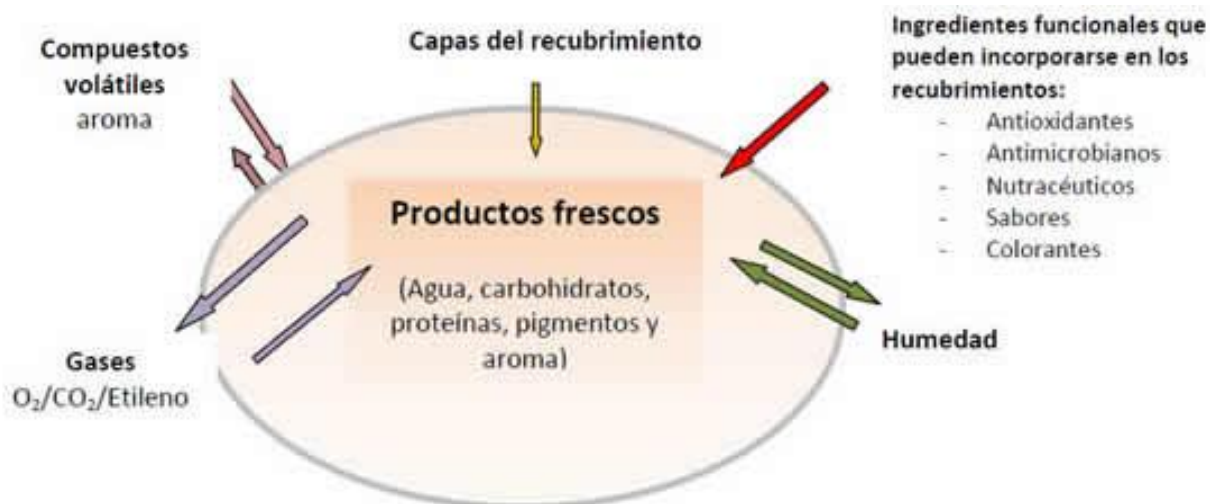


FIGURA 3. Transferencias que pueden ser controladas por barreras comestibles (Falguera *et al.*, 2011).

2.1.5.- Composición de los RC y PC

Los RC y PC pueden ser utilizados como un vehículo para incrementar las propiedades nutricionales y saludables del vegetal mínimamente procesado por la incorporación de compuestos bioactivos. Para mantener su carácter de película o recubrimiento comestible natural, estos aditivos deben de ser también aditivos naturales aprobados para su uso alimentario por la legislación de cada país (Silva-Weiss *et al.*, 2013).

Las PC y RC pueden ser elaborados a partir de una gran variedad de polisacáridos, proteínas y lípidos, solos o en combinaciones que logren aprovechar las ventajas de cada grupo, dichas formulaciones pueden incluir, conjuntamente plastificantes y emulsificantes de diversa naturaleza química con la finalidad de ayudar a mejorar las propiedades finales de la película o recubrimiento. Las mismas presentan bondades como comestibilidad, dureza, transparencia, buenas propiedades de barreras contra el oxígeno y vapor de agua (Fernández-Daybelis, 2015). Los polisacáridos y las proteínas son polímeros que forman redes moleculares cohesionadas por una alta interacción entre sus moléculas, estas les confieren buenas propiedades mecánicas y de barrera a gases CO_2/O_2 , por lo cual retardan la respiración y el envejecimiento de muchas frutas y hortalizas (Fernández-Daybelis, 2015). Los polisacáridos son los hidrocoloides más utilizados en la industria alimenticia, ya que forman parte de la mayoría de las formulaciones que actualmente existen en el mercado. Sin embargo, una desventaja que presentan es que son hidrónimicos y, por lo tanto, constituyen una pobre barrera a la pérdida de humedad. Los utilizados en la formación de recubrimientos comestibles son: las pectinas de alto y bajo metoxilo, la celulosa y sus derivados, el alginato, el quitosano, la dextrina, el carragenato, la goma arábiga, entre otros (Fernández-Daybelis, 2015).

Los lípidos se caracterizan por ser hidrofóbicos y no poliméricos, presentando excelentes propiedades de barrera frente a la humedad, sin embargo, su falta de cohesividad e integridad estructural hace que presenten malas propiedades mecánicas formando recubrimientos quebradizos. Pero, reducen la transpiración, la deshidratación, la abrasión en la manipulación posterior y pueden mejorar el brillo y la apariencia de muchos de los alimentos. Dentro del grupo de lípidos aplicados a recubrimientos y películas comestibles se pueden mencionar las ceras (abejas, candelilla y carnauba), resinas, monoglicéridos, diglicéridos y los ácidos grasos, tales como el ácido esteárico, palmítico, láurico, oleico, entre otros (Fernández-Daybelis, 2015).

Otros componentes de gran importancia en la elaboración de PC y RC son los plastificantes y emulsificantes. En el caso particular de los plastificantes (moléculas

pequeñas de bajo peso molecular), se adicionan con el objetivo de mejorar la flexibilidad y funcionabilidad de los recubrimientos, haciéndolos menos frágiles. Dentro de los agentes plastificantes más utilizados se encuentran: el glicerol, ácidos grasos, sorbitol, aceites, ceras y otros, mientras que, los emulsificantes favorecen la dispersión del lípido en la matriz hidrocoloide y reducen la actividad de agua superficial, además también se emplea la adición de antioxidantes a fin de mejorar las propiedades y la capacidad de las cubiertas (Fernández-Daybelis, 2015).

2.1.6.- Composición de las matrices

Los RC y las PC son biopolímeros que dependiendo del tipo de compuesto que incluyen en su formulación se pueden agrupar en tres categorías (Dahall, 2013):

- Hidrocoloides.
- Lípidos.
- Polisacáridos.

2.1.6.1.- Hidrocoloides:

Forman recubrimientos con buenas propiedades mecánicas y son una buena barrera para los gases CO₂/O₂, pero no impiden suficientemente la transmisión de vapor de agua (Dahall, 2013).

2.1.6.2.- Lípidos:

Están formados por compuestos hidrofóbicos no poliméricos con buenas propiedades barrera para la humedad, pero con poca capacidad para formar películas (Dahall, 2013).

2.1.6.3.- Compuestos:

Son formulaciones mixtas de hidrocoloides y lípidos. En general, los lípidos aportan resistencia al vapor de agua y los hidrocoloides la permeabilidad selectiva al CO₂/O₂ y una buena cohesión estructural, integridad y duración de la película (Dahall, 2013).

2.1.6.4.- Polisacáridos:

La mayoría de los polisacáridos utilizados con éxito para formar RC y PC en frutas y hortalizas son de origen marino (algas), vegetal y también se utilizan biopolímeros producidos por microorganismos. Los polisacáridos más utilizados y abundantes en la naturaleza para la formación de recubrimientos en frutas y hortalizas son celulosa, almidón y quitosano (Dahall, 2013).

2.1.6.4.1.- Celulosa

Es el polímero más abundante en la naturaleza. Está constituido por cadenas lineales de glucosa unidas con enlaces β -(1-4). Para reducir su solubilidad en agua, la celulosa es tratada químicamente dando lugar a distintos derivados que son los que realmente se utilizan para la formación de recubrimientos como la metilcelulosa, carboximetilcelulosa, hidroxipropilcelulosa o hidroxipropil metilcelulosa (Dahall, 2013).

2.1.6.4.2.- Almidón

Es el polímero natural más utilizado en la formulación de RC y PC por su abundancia, bajo precio y facilidad de uso. En la figura 4 se muestra la estructura molecular de este polímero. El almidón nativo puede ser convertido en un material termoplástico mediante el empleo de plastificantes como glicerol y sorbitol, que además de mejorar su resistencia al agua y sus propiedades barrera, dan lugar a películas brillantes, flexibles y extensibles gama (De Ancos-Begoña *et al*, 2015).

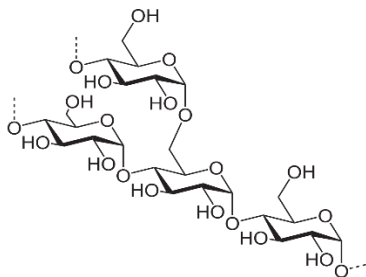


FIGURA 4. Estructura molecular del almidón

2.1.6.4.3.- Quitosano

Es un carbohidrato natural que proviene de la desacetilación de la quitina [poli- β -(1-4)-N-acetil-D-glucosamina] que es el principal componente del exoesqueleto de los crustáceos (camarones). El quitosano es un polisacárido catiónico de alto peso molecular que presenta buenas propiedades para formar películas además de alta actividad antibacteriana, antifúngica y antioxidante. En la figura 5, se muestra su estructura molecular. Además, las películas de quitosano presentan buenas propiedades mecánicas y una permeabilidad selectiva a los gases CO_2/O_2 (Campos *et al.*, 2011; De Ancos-Begoña *et al.*, 2015).

Nuevas investigaciones y revisiones recientes frente al uso de quitosano reúnen diversa información referente al efecto de su grado de desacetilación sobre la actividad antimicrobiana, su uso dentro del diseño de nuevos *films* basados en compuestos bioactivos y su interacción frente a otros componentes que hacen parte de los alimentos frescos y mínimamente procesados, tratados con esta tecnología (Quintero *et al.*, 2010).

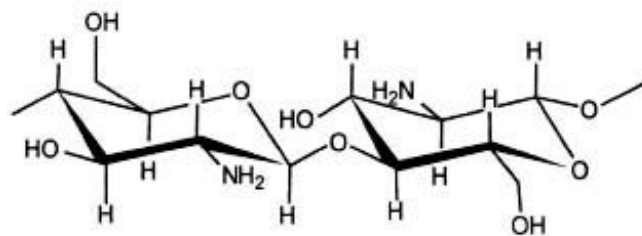


FIGURA 5. Estructura molecular del quitosano

2.1.7.- Aplicación de RC y PC

La aplicación de recubrimientos tanto en frutas como hortalizas, ha ido evolucionando con el paso del tiempo y en la actualidad se puede encontrar una gran variedad de métodos para su aplicación. Los aspectos que hay que tener en cuenta en el momento de la aplicación de los recubrimientos son: rápido secado, no producir espuma y ser de fácil remoción. Posterior a la aplicación, éste no se debe acidificar, coagular, desarrollar sabores desagradables, agrietarse, decolorarse o caerse durante la manipulación, no debe reaccionar de manera adversa con los

alimentos ni poner en riesgo la calidad sensorial del producto, pero debe restringir el paso de gases como CO₂/O₂ durante el almacenamiento de los productos (Fernández-Natalia *et al.*, 2017).

Uno de los métodos más utilizados es el de inmersión debido a que da como resultado un recubrimiento uniforme, para lo cual la fruta debe ser lavada y secada previamente, luego se sumerge directamente en la formulación del recubrimiento, se deja drenar el material sobrante y se procede a secar. Este método es muy aplicado en recubrimientos comestibles con cera en frutas enteras, garantizando un impregnado completo para formar una película membranosa delgada sobre la superficie de la fruta u hortaliza (Velázquez y Guerrero, 2013). La aplicación de un recubrimiento comestible en melones se hace sumergiendo las secciones cortadas en la solución obtenida por un periodo de 5 minutos y luego se envasan en recipientes plásticos (Arenas, 2013). Para el tomate, de manera manual se deben lavar, secar y seleccionar los productos para luego aplicar sobre la superficie con la ayuda de una brocha, formando una delgada capa desde el hemisferio del tomate donde se encuentra el pedúnculo hasta recubrir la parte apical (Ramos, 2014).

En frutas con superficies lisas y uniformes, el método más utilizado es el de aspersión, ya que se obtienen capas de recubrimientos más delgados y uniformes que los obtenidos por inmersión, al presurizar la solución mediante la regulación de la presión y conseguir diferentes tamaños de gota que salen por aspersores (Arenas, 2013).

2.1.8.- Conservación de frutas y hortalizas mediante los recubrimientos comestibles (RC)

El mecanismo por el cual los recubrimientos conservan la calidad de frutas y vegetales es debido a que crean una barrera física a los gases, permitiendo modificar la atmósfera interna de la fruta y de esta manera retardar la maduración (Rojas-Grau *et al.*, 2009). El desarrollo de recubrimientos a base de polisacáridos ha conllevado un incremento significativo en la industria alimenticia por las variedades de aplicaciones que éstos confieren y en la magnitud de productos que pueden ser tratados. Entre los polisacáridos más utilizados en la elaboración de PC

y RC se encuentran los derivados de celulosa, almidón, quitosano, alginato, carragenina, pectina, entre otros (Cagri *et al.*, 2004). Ellos presentan una interesante alternativa debido a su fácil procesamiento, bajo costo, abundancia, no toxicidad y fácil manipulación; lo que ayudaría a las necesidades de alcanzar una agricultura sostenible (Bautista-Baños *et al.*, 2005).

Sin duda, uno de los avances de mayor interés actual y perspectivas de futuro es la utilización de polímeros comestibles y biodegradables obtenidos a partir de macromoléculas de origen natural.

Aunque el uso de biopolímeros parece algo novedoso, la realidad es que ya se empleaban en la antigüedad, aunque quizás con otra perspectiva. Durante los siglos XVIII y XIV, ya se practicaba en China el recubrimiento de naranjas y limones por inmersión en ceras para retardar la pérdida de agua. Con igual fin se recubría la carne con manteca en Inglaterra en el siglo XVI y desde 1930 en Estados Unidos se empezó a utilizar comercialmente la cera en naranjas y manzanas para mejorar su presentación y calidad, reducir la pérdida de agua o aplicar fungicidas superficiales para retardar sus modificaciones (Cagri *et al.*, 2004).

2.1.9.- Aditivos formadores de RC Y PC

En la actualidad, los RC y las PC están siendo utilizados como vehículos para incorporar a los alimentos determinados aditivos de forma más eficaz. Esta vía de incorporación de aditivos a los alimentos mejora su efectividad y reduce la cantidad necesaria para su acción con el consiguiente beneficio para la seguridad y calidad sensorial y nutricional del producto de gama IV y V (De Ancos-Begoña *et al.*, 2015; Rojas-Grau *et al.*, 2009; Silva-Weiss *et al.*, 2013).

En los RC y las PC se pueden incorporar aditivos con distintas funciones como sustancias para mantener la textura, antimicrobianos, antioxidantes, nutrientes e ingredientes bioactivos capaces de incrementar el valor nutricional y funcional del alimento vegetal (De Ancos-Begoña *et al.*, 2015).

Los aditivos naturales con propiedades antimicrobianas que han sido intensamente estudiados en los últimos años son: enzimas como las lactoperoxidasas (leche) y lisozimas (clara de huevo); bacteriocinas como la nisina (bacterias lácticas);

polisacáridos como el quitosano (esqueleto de los crustáceos); ácidos orgánicos (ascórbico, cítrico y oxálico) y compuestos fenólicos (plantas y especias) (De Ancos-Begoña *et al.*, 2015).

Dentro de este último grupo se han utilizado aceites esenciales de plantas aromáticas (romero, tomillo, orégano, hierba limón, etc.) y especias (vainilla, canela, etc.), al igual que sus principios activos como carnosol, timol, carvacrol, citral, vainillina, cinamaldehído, etc. También se están ensayando extractos fenólicos de otros vegetales como té verde, ajo, cebolla y aceituna. Como aditivos antipardeamiento se han utilizado el ácido ascórbico (De Ancos-Begoña *et al.*, 2015) o derivados nitrogenados como la cisteína y N-acetilcisteína. Los aditivos que se adicionan para mejorar la textura suelen ser sales de calcio (Rojas-Grau *et al.*, 2009; De Ancos-Begoña *et al.*, 2015).

En la actualidad, existe un creciente interés en incorporar a los RC y PC ingredientes funcionales como vitaminas (E o C), minerales, ácidos grasos, probióticos (bifidobacterias), etc., con el fin de incrementar las propiedades benéficas de los alimentos vegetales de gama IV para la salud (Rojas-Grau *et al.*, 2009; De Ancos-Begoña *et al.*, 2015;).

Sin embargo, la capacidad de polimerización y las propiedades mecánicas de los RC y PC pueden verse modificadas negativamente con la incorporación de los aditivos o ingredientes funcionales, por lo que cada combinación de película y aditivo ha de ser estudiado por separado (Silva-Weiss *et al.*, 2013).

2.2.- Aceites esenciales

Los aceites esenciales son sustancias aromáticas de base lipídica encontradas prácticamente en todas las plantas; son muy numerosos y están ampliamente distribuidos en las distintas partes de la planta: (raíces, tallos, hojas, flores y frutos). Los aceites esenciales son componentes heterogéneos de terpenos, ácidos, ésteres, fenoles, lactonas; separables por métodos químicos o físicos, como la destilación, la refrigeración, la centrifugación, entre otros (Peredo-Luna *et al.*, 2009).

2.2.1.- Aceite de Canela

2.2.1.1.- Componentes del aceite de canela

El aceite contiene de 55 a 85 % de componentes carbonílicos, siendo el aldehído cinámico el principal compuesto. En menor cantidad: o-metoxialdehído cinámico, eugenol (5 a 11 %), hidrocarbonatos (α -pineno, ρ - cimeno, α -felandreno) aldehídos (bencílico, cumínico, nonílico y furfural), cetonas (metilamil-cetona) y también trazas de alcohol (linalol), timol y carvacol.

En la corteza fresca se presenta el cinamil-acetato, que durante el secado se transforma en aldehído cinámico.

En la corteza de las raíces el aceite esencial se compone principalmente de cánfora además de otros monoterpenos, taninos (2 %), azúcares: almidón e indicios de mucílago, contiene el azúcar invertido manitol, cumarinas, diterpenos y sesquiterpenos, cinnzeilanina y cinzeilanol, cariofileno. minerales: oxalato de calcio de 2.5 a 6 %, otros: bencilisoquinolina, berberina, metileugenol, miristicina, elamicina, ácido mirístico, ácido láurico, aldehído cumínico, fenantroquinolicidina y fenantroindolicionina (Padrón-Márquez., 2010).

2.2.1.2.- Propiedades del aceite de canela

Presentan la propiedad de inhibir el crecimiento de microorganismos, expresada como actividad antimicrobiana, actuando como agentes bacteriostáticos o antifúngicos (Padrón-Márquez, 2010). Estas propiedades se han conocido durante siglos. Otra propiedad funcional de los aceites esenciales es la de actuar como antioxidantes, retrasando o inhibiendo la oxidación de aceites y lípidos en general (Padrón-Márquez, 2010). La canela presenta este tipo de actividad, pero no es tan efectiva como la mostrada por los aceites de romero, sábila y orégano.

Los aceites esenciales se caracterizan por sus propiedades físicas, como densidad, viscosidad, índice de refracción y actividad óptica (Padrón-Márquez, 2010).

2.3.- Tween 80

Es un surfactante hidrofílico, se utiliza para la emulsificación de aceites en agua (O/W), dispersión o solubilización de aceites (Salazar, 1997).

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

2.4.- Glicerol

El glicerol es un compuesto químico, también llamado glicerina. Es un líquido viscoso, sin olor ni color y ampliamente usado en la industria farmacéutica. El glicerol posee tres grupos hidroxilos que son responsables de su solubilidad en agua y su naturaleza higroscópica (figura 6). Es el componente central de algunos lípidos. El glicerol es ligeramente dulce y de baja toxicidad (Yang y Paulson, 2000).

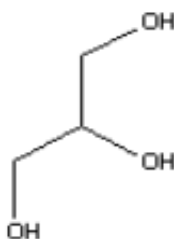


FIGURA 6. Estructura molecular del glicerol

Gracias a la presencia de grupos -OH en su estructura, el glicerol es capaz de vincularse a través de puentes de hidrógeno con las cadenas de almidón, impidiendo el completo ordenamiento de estas debido a que se interpone entre

éstas. El efecto global del reemplazo de interacciones polímero-polímero por interacciones plastificante polímero es la reducción de la rigidez de las películas. El tamaño molecular, la configuración y el número total de grupos hidroxilo funcionales del plastificante, como también su compatibilidad con el polímero, afectan el tipo y cantidad de interacciones entre el plastificante y las cadenas poliméricas (Yang y Paulson, 2000).

2.5.- Goma guar

La goma guar es un carbohidrato polimerizado comestible que contiene galactosa y manosa en sus bloques estructurales. El rango de los componentes varía dependiendo el origen de las semillas, pero la goma se considera que contiene una unidad de galactosa por cada dos de manosa (Mora, 2013). En la figura 7 se presenta la estructura química de la goma guar.

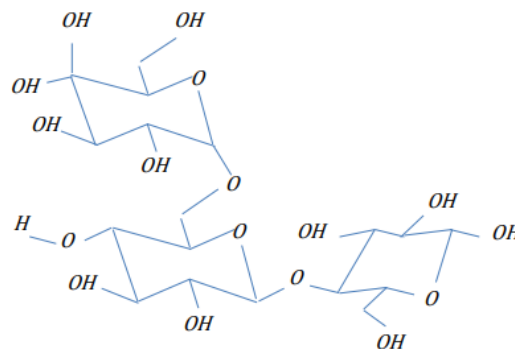


FIGURA 7. Estructura molecular de la goma guar

La goma guar se encuentra en las semillas de la planta *Cyamopsis tetragonalobus* (originaria de India y cultivada en los Estados Unidos). Se utiliza como aditivo alimentario y produce soluciones muy viscosas, capaz de hidratarse en agua fría y no es afectada por presencia de sales (Mora, 2013).

2.6.- Manzana Golden

2.6.1.- Principal producción en México

En promedio en los últimos tres años agrícolas (2012-2014), como se muestra en el cuadro 2, los principales recolectores de manzana Golden Delicious son: Chihuahua (85 %) y Coahuila (9 %), obtienen 94 % del volumen generado en el país (SAGARPA, 2015).

En cinco meses (julio-noviembre) se cosecha esta fruta. Sin embargo, entre los meses de septiembre y octubre se cosechan ocho de cada diez toneladas (SAGARPA, 2015).

CUADRO 2. Producción de manzana en México



CULTIVO : Manzana
Intención de cosecha 2018
Ciclo: Perennes

Estado	Unidad de medida	Producción por obtener
Aguascalientes	Tonelada	462
Baja California	Tonelada	39
Chiapas	Tonelada	3,448
Chihuahua	Tonelada	607,177
Ciudad de México / D.F.	Tonelada	906
Coahuila	Tonelada	29,110
Durango	Tonelada	48,441
Guanajuato	Tonelada	115
Guerrero	Tonelada	236
Hidalgo	Tonelada	3,355
Jalisco	Tonelada	35
Michoacán	Tonelada	1,016
Morelos	Tonelada	90
México	Tonelada	1,072
Nuevo León	Tonelada	3,597
Oaxaca	Tonelada	2,303
Puebla	Tonelada	38,586
Querétaro	Tonelada	746
San Luis Potosí	Tonelada	133
Sonora	Tonelada	2,660
Tlaxcala	Tonelada	404
Veracruz	Tonelada	9,204
Zacatecas	Tonelada	4,429
Total:	Tonelada	757,565

Nota: las cifras pueden no coincidir debido al redondeo.

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

(SAGARPA, 2019).

CAPÍTULO III

3.- MATERIALES Y MÉTODOS

La etapa experimental del presente trabajo se realizó en el Laboratorio 1 del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México.

3.1.- Materiales, equipos y reactivos

3.1.1.- Materiales

- Vasos de precipitado de 100 mL y 1000 mL
- Agitadores magnéticos
- Colador
- Cacerola
- Escurridor
- Guantes de látex
- Descorazonador
- Puntas para micropipeta
- Tabla para cortar
- Cuchillo
- Gasas
- Mortero con mano
- Jarra
- Piseta
- Espátula
- Recipientes de plástico
- Matraz Erlenmeyer 250 mL
- Cajas plástico
- Frascos de vidrio
- Embudos de filtración
- Bureta graduada 10 mL
- Micropipeta 100 μ L
- Termómetro de mercurio
- Cortador de papas manual
- Vernier manual
- Hielo
- Probeta graduada 100 mL

3.1.2.- Equipos

- Báscula electrónica de bolsillo.
Marca Rhino, modelo BABOL-100G.
- Parrilla
- Estufón
- Texturometro (FR-5120 Digital Fruit Firmness Tester)
- Colorímetro Minolta CR-400
(Minolta corp, Ramsey, U.S.A.)
- Analizador de gas de CO₂/O₂ (PBI Dansensor marca Checkmate II, Denmark)
- Refrigerador
- Refractómetro digital

3.1.3.- Reactivos

- Ácido cítrico
- Quitosano
- Tween 80
- Aceite de canela
- Glicerol
- Goma guar
- Almidón
- H₂O destilada
- Cloro
- Thielmann
- HCl
- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio

3.2.- Métodos

3.2.1.- ETAPA EXPERIMENTAL I

3.2.1.1.- Preparación de los recubrimientos comestibles

Se prepararon tres formulaciones de biopelículas funcionales como sigue:

TRATAMIENTO A: En 100 mL de agua disolver ácido cítrico al 1.5 % con agitación constante durante 5-7 minutos, adicionar el quitosano al 1 % y agitar constantemente durante 1 hora a 50-60 °C y tween 80 al 0.02 %. Posteriormente, agregar aceite de canela al 0.06 % y seguir agitando hasta obtener la emulsión, dejar enfriar para aplicar en las manzanas mínimamente procesadas.

TRATAMIENTO B: En 100 mL de agua destilada disolver glicerol al 45 % con agitación constante, posteriormente hay que añadir el aceite de canela al 10 % y dejar agitando constantemente a una temperatura de 60 °C durante unos 15-20 minutos hasta la formación de la emulsión. Bajar la temperatura a 40 °C para poder agregar goma guar al 1.5 % y agitar constantemente.

TRATAMIENTO C: Preparar 50 mL de la formulación goma guar (GG) y 50 mL de la formulación de almidón (A). En la formulación GG hay que agregar los 50 mL de agua destilada y agregar 30 % de glicerol y agitar a temperatura ambiente (30 °C). Una vez disuelto el glicerol agregar poco a poco y de manera constante la goma guar (GG), aumentar la agitación hasta la completa disolución.

En la formulación A se ponen 100 mL de agua destilada a calentar hasta 55-60 °C y agregar el aceite de canela al 10 % hasta disolver completamente. Una vez teniendo la mezcla disuelta agregar el almidón (1 %) y dejar elevar la temperatura hasta 80 °C, más o menos mantener a esa temperatura durante 10 minutos.

Por último, mezclar ambas formulaciones para obtener el tratamiento C. En la figura 8 se muestra cómo se elaboraron las biopelículas.



FIGURA 8. Elaboración de las biopelículas

3.2.1.2.- Aplicación de los recubrimientos

- Lavar las manzanas enteras en agua con cloro al 0.5 %, dejar secar. Posteriormente se les retira el corazón y se parten con el cortador de papas para después proceder a someterlas a un escaldado con agua caliente a 85-90°C durante 2-3 minutos. Posteriormente, se colocan en un baño de hielo durante 3 minutos y se dejan escurrir.
- La aplicación de las biopelículas se realiza por el método de inmersión para todas las muestras de los diferentes tratamientos, dejándolas inmersas durante 3 minutos, como se muestra en la figura 9.
- Se colocan en charolas de plástico y se ponen en refrigeración.



FIGURA 9. Aplicación de las biopelículas

3.2.2.- ETAPA EXPERIMENTAL II

3.2.2.1.- Evaluación de parámetros físicos

3.2.2.1.1.- Cambio de peso

Para la evaluación de esta variable, se tomó el peso de las muestras (Figura 10) de los diferentes tratamientos (tres repeticiones de cada uno de los tratamientos) y el control (tres repeticiones) manteniéndolos en refrigeración durante un periodo de días 25 días.

La medición de las muestras se realizó con una báscula electrónica de bolsillo. Marca Rhino, modelo BABOL-100G (Jo, 2014).

Posteriormente, se analizaron los resultados obtenidos en un paquete estadístico llamado Infostat, para así obtener los valores numéricos del cambio de peso de las muestras. Se obtuvo el porcentaje del cambio de peso mediante la siguiente formula:

$$\left(\left(1 - \left(\frac{P_R}{P_i} \right) \right) \right) * 100$$



FIGURA 10. Balanza para determinar el peso de muestras

3.2.2.1.2.- Color

Para la medición de este parámetro, se analizaron tres repeticiones de cada uno de los tratamientos y para el control. La medición se hizo en el lado derecho e izquierdo de cada una de las muestras. Se determinaron los valores de Hunter L^* , a^* y b^* para las muestras de manzana mínimamente procesada, con y sin recubrimiento.

L^* =luminosidad

a^* = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b^* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

Como se muestra en la figura 11, para la medición se utilizó un colorímetro Minolta CR-400 (Minolta corp, Ramsey, EUA) después de la calibración con una placa estándar ($L^* \approx 96.64$, $a^* \approx 0.15$, y $b^* \approx 2.09$) (Jo, 2014).



FIGURA 11. Medición de color

3.2.2.1.3.- Firmeza

La firmeza de la fruta se midió usando el penetrómetro digital (marca FR-5120 Digital Fruit Firmness Tester) (Figura 12), se midieron las tres repeticiones de cada uno de los tratamientos y del control de lado derecho e izquierdo de las muestras (Texeira, 2016). Los resultados fueron reportados como la fuerza de Newtons (N) necesaria para penetrar la muestra.



FIGURA 12. Medición de firmeza

3.2.2.2.- Evaluación de parámetros químicos

3.2.2.2.1.- Sólidos solubles totales

En una tabla se procedió a picar las muestras de manzana mínimamente procesada de cada uno de los diferentes tratamientos, para después colocarlas en un mortero para la extracción del jugo. Se le agregó 3 mL de H₂O destilada, para tener un mayor volumen del zumo de manzana mínimamente procesada.

Se colocó en un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se utilizó un embudo de filtración con una gasa para filtrar y obtener solamente el jugo.

Para realizar la determinación de SST, se empleó un refractómetro digital, el cual se tuvo que calibrar con H₂O destilada, de ahí se procedió a colocarle una gota del jugo cuidando que esta cubriera completamente el orificio del refractómetro.

La lectura, para cada uno de los diferentes tratamientos, se tomó por triplicado, obteniendo los resultados en °Brix (Jo, 2014).

3.2.2.2.2.- Acidez titulable

En una tabla se procedió a picar las muestras de manzana mínimamente procesada de cada uno de los diferentes tratamientos, para después colocarlas en un mortero

para la extracción del jugo. Se le agregó 15 mL de H₂O destilada, para tener un mayor volumen del zumo.

Se colocó en un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se le colocó un embudo de filtración con una gasa para filtrar y obtener solamente el jugo.

Para realizar la determinación de acidez titulable, se colocó en vasos de precipitado de 100 mL, 10 mL del jugo de cada uno de los diferentes tratamientos y el control, a los que se les agregó 4 gotas de fenolftaleína 1 % a cada uno.

En una bureta se colocó un volumen conocido de NaOH 0.1 N (hidróxido de sodio 0.1 N) y se titularon las muestras hasta el punto de viraje (rosa) como se muestra en la figura 13 (Jo, 2014). El porcentaje de acidez se calculó por medio de la fórmula:

$$\% \text{ ácido} = \frac{V * N * \text{Meq} * 100}{\text{Alícuota valorada}}$$

Donde:

V: volumen de NaOH gastado 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



FIGURA 13. Medición de acidez

3.2.2.2.3.- Vitamina C

En una tabla se procedió a picar las muestras de manzana mínimamente procesada de cada uno de los diferentes tratamientos, para después colocarlas en un mortero para la extracción del jugo. Se le agregó 15 mL de H₂O destilada, para tener un mayor volumen del zumo.

Se colocó en un matraz Erlenmeyer de 250 mL y se le colocó un embudo de filtración con una gasa para filtrar y obtener solamente el jugo.

En vasos de precipitado de 100 mL, se colocaron 10 mL de la muestra de los diferentes tratamientos a los cuales se les agregó 10 mL de HCl al 2%.

En una bureta de volumen conocido se le añadió el reactivo de Thielmann y se procedió a titular las muestras (Figura 14) hasta la aparición de una coloración rosa que no desapareciera (Jo, 2014).

El contenido de vitamina C presente en la muestra, se calculó con la siguiente formula:

$$\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \text{ de vitamina C} = \frac{\text{VTR} \cdot 0,088 \cdot \text{VT} \cdot 100}{\text{VA} \cdot \text{P}}$$

Donde:

VRT: volumen gastado en mL del reactivo de Thielmann

0.088: miligramos de ácido ascórbico equivalente a 1 mL de reactivo de 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



FIGURA 14. Medición de contenido de vitamina C

3.2.2.2.4.- Respiración

Para realizar el análisis del contenido del CO₂ y obtención de la velocidad de respiración se pesó y midió (largo y ancho en cm) de las manzanas mínimamente procesadas de cada tratamiento y del control. Se colocaron en frascos anchos con tapas modificadas (septum colocado en el centro de la tapa del frasco) para prueba de respiración de aproximadamente 2 L, como se muestra en la figura 15. La medición de respiración se realizó cada cinco días, realizando las mediciones cada 15 minutos por un periodo de 1 h. Las lecturas de gas se tomaron con la inserción con una aguja especial a través de un septum colocado en el centro de la tapa del frasco. La aguja estaba conectada a través del equipo analizador de gas de CO₂/O₂ (PBI Dansensor marca Checkmate II, Denmark). La velocidad de respiración fue calculada mediante la siguiente formula:

$$\text{Velocidad de respiración} = (\text{pendiente } \%CO_2) * \frac{V}{W*t}$$

Donde:

% CO₂ = pendiente de los porcentajes de CO₂

w = peso de la muestra en g

t = tiempo (h)

V = Volumen libre del frasco en mL (volumen total del frasco es 1,850 mL)



FIGURA 15. Medición de contenido de CO₂

3.2.3.- ETAPA EXPERIMENTAL III

3.2.3.1.- Evaluación sensorial

En la evaluación sensorial se procedió a evaluar las características de apariencia global, color, olor, sabor, textura y aceptación global. Esta prueba fue realizada por 30 jueces entrenados. Los panelistas evaluaron la calidad de las manzanas mínimamente procesadas con la aplicación de los tres diferentes tratamientos y el control, utilizando la prueba hedónica. Se tienen dos diferentes escalas verbales, cada una con escala de 7 puntos.

ESCALA VERBAL A: Muy agradable; 7, Agradable; 6, Ligeramente agradable; 5, Ni agradable ni desagradable; 4, Ligeramente desagradable; 3, Desagradable; 2 y Muy desagradable; 1.

ESCALA VERBAL B, para TEXTURA; Muy firme; 7, Firme; 6, Ligeramente firme; 5, Ni firme ni suave; 4, Ligeramente suave; 3, Suave; 2 y Muy suave; 1.

En la figura 16, se muestra a uno de los jueces entrenados evaluando las muestras.

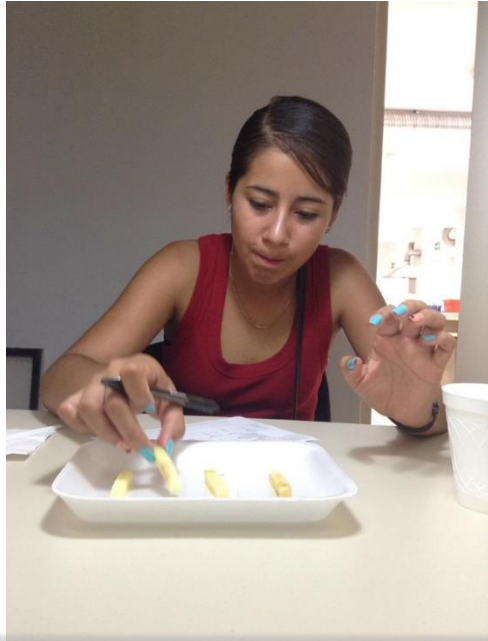


FIGURA 16. Juez entrenado,
evaluando las muestras

CAPÍTULO IV

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- Evaluación de Parámetros Físicos y Químicos

En esta etapa se analizaron los parámetros físicos y químicos con un análisis estadístico. Los parámetros físicos que se evaluaron en manzana mínimamente procesada son: peso, color (L, a* y b*) y firmeza; y como parámetros químicos, sólidos solubles totales, acidez titulable, vitamina C y respiración. Para el análisis de los datos, se utilizó el programa estadístico Infostat.

Se realizó un análisis de varianza ANOVA y en caso de existir diferencias significativas se aplicó una comparación de medias por LSD Fisher a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Los datos obtenidos del análisis de varianza se muestran en los anexos.

4.1.1.- Evaluación de parámetros físicos

4.1.1.1.- Peso

La mayoría de los frutos y vegetales frescos están constituidos principalmente por agua. Por ende, la pérdida de peso en esos productos es consecuencia directa de la disminución en el contenido de humedad (Aguilar, 2015). Los resultados obtenidos del cambio de peso (%) fueron los siguientes: Control=85.98 %, Tratamiento A=77.98 %, Tratamiento B=76.29 % y Tratamiento C= 79.4 %.

El mecanismo principal de pérdida de humedad, en frutas frescas y vegetales, es la difusión del vapor por agua. Lo anterior debido a un gradiente de presión entre el interior y el exterior del fruto (Aguilar, 2005). Las películas sobre la superficie de los frutos actúan como barreras a la difusión del vapor de agua, lo que se traduce en menores tasas de pérdida de humedad. El espesor de la barrera y la permeabilidad a la humedad son factores importantes desde el punto de vista de la velocidad de transferencia de masa (Aguilar, 2005).

Para identificar el efecto comparativo entre los tratamientos y el control, se calculó el porcentaje promedio del peso total de las muestras. Como se observa en la figura 17, en la cual se muestra que según el análisis de varianza existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras (Anexo 1). En él, se muestra la comparación de medias de LSD Fisher, la cual nos indicó que el tratamiento A fue el que tuvo menor disminución de peso, pero el control fue el menos eficiente ya que fue el que más cambio tuvo.

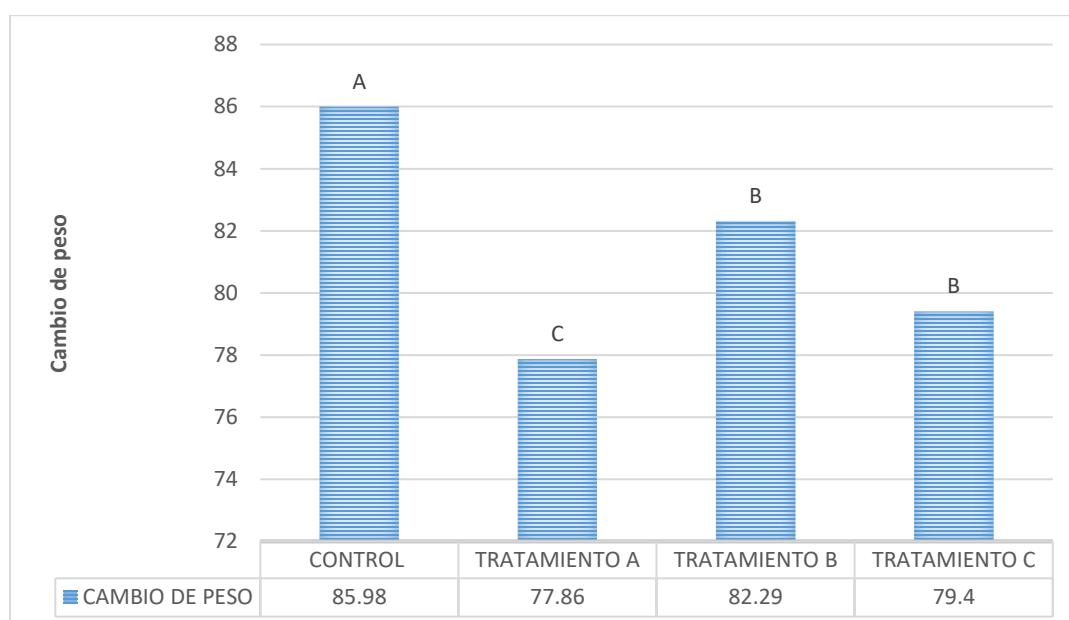


FIGURA 17. Cambio de peso (%) de las muestras de cada tratamiento. Promedio de las tres repeticiones que se realizaron durante los 25 días

4.1.1.2.- Color

El color es un atributo muy importante a la hora de medir la calidad de un alimento, y con base a éste se identifican muchas de sus propiedades. De hecho, el color es el primer contacto que tiene el consumidor con los productos y posteriormente, los juzga por sus demás características sensoriales como textura, sabor, etc. Esto es contundente, ya que cuando el color de un alimento cambia (manteniendo su forma,

sabor, aroma, etc.), se obtiene una respuesta de rechazo por parte de los consumidores, o incluso, de los catadores entrenados (Chuchuca-Galo, 2012).

Los cambios de color durante la maduración de la mayoría de los frutos son producto, principalmente, de la degradación de la clorofila y la síntesis de pigmentos, tales como: carotenoides y antocianinas. Los principales agentes responsables de la clorofila son los cambios en el pH, oxidaciones y la actividad de las clorofilasas (Aguilar, 2005).

4.1.1.2.1.- Parámetro L (luminosidad)

Según el análisis estadístico que se realizó para obtener los resultados del parámetro L (luminosidad) los cuales se muestran en la figura 18, observamos que las muestras de manzana mínimamente procesadas, según el análisis de varianza tienen una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras, (Anexo 2). En él se muestra que según la comparación de medias de LSD Fisher, el tratamiento A tiene mayor luminosidad ya que fue el que obtuvo menos cambio de este parámetro, mientras que el C presenta mayor opacidad. El tratamiento B y el control tienen similitud, ya que presentan la misma luminosidad.

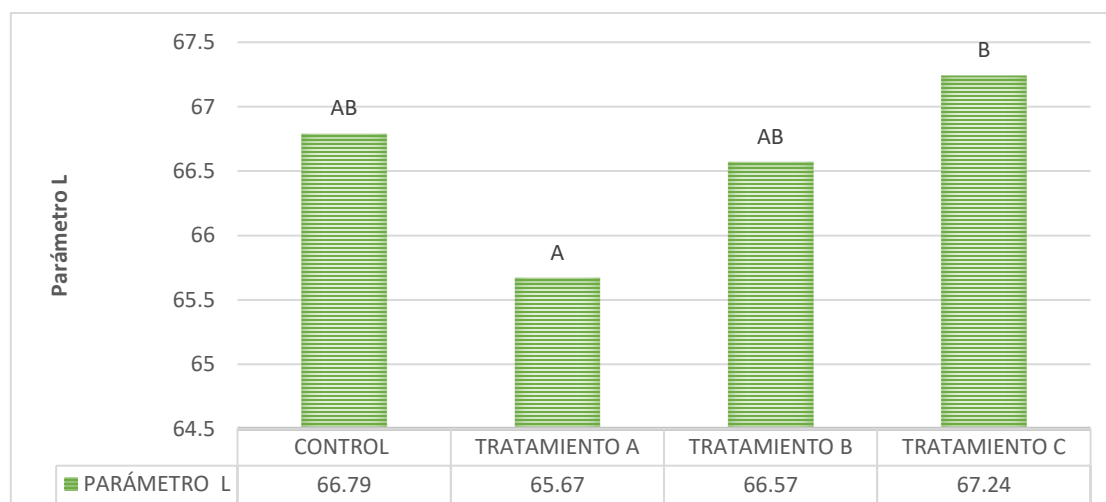


FIGURA 18. Valores del parámetro L (luminosidad) de las muestras de cada tratamiento. Promedio de las tres repeticiones que se realizaron durante los 25 días

4.1.1.2.2.- Coordenada a*

En la figura 19, se observan los resultados del parámetro a* de las muestras con y sin tratamiento, que se obtuvieron en el análisis de varianza. Los valores de los resultados de la coordenada a* representa que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) de acuerdo con los resultados del anexo 3, donde se podrá observar según la comparación de medias de LSD Fisher, que el control tuvo mayor modificación del parámetro a*, siendo el tratamiento C, el que tuvo menor modificación de este parámetro.

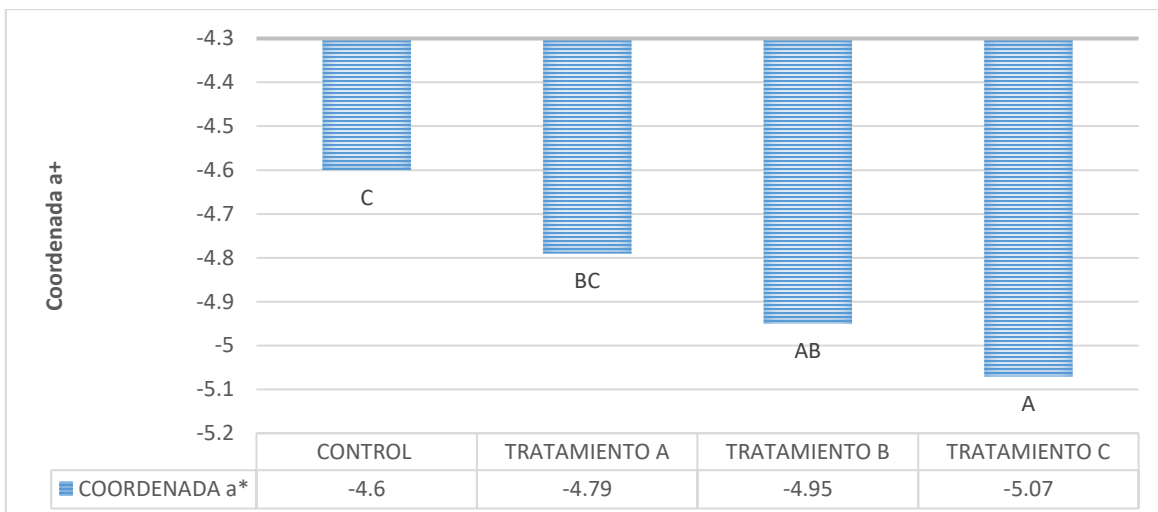


FIGURA 19. Valores de la coordenada a* de las muestras de cada tratamiento Promedio de las tres repeticiones que se realizaron durante los 25 días

4.1.1.2.3.- Coordenada b*

En la figura 20, se observan los resultados de la coordenada b* de las muestras con y sin tratamiento, que se obtuvieron en el análisis de varianza, este representa que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) de acuerdo a los resultados del anexo 4 donde se observa según la comparación de medias de LSD Fisher, que el tratamiento A tuvo menor modificación de color en cuanto al parámetro b*, siendo el tratamiento control, el que tuvo mayor modificación de este parámetro.

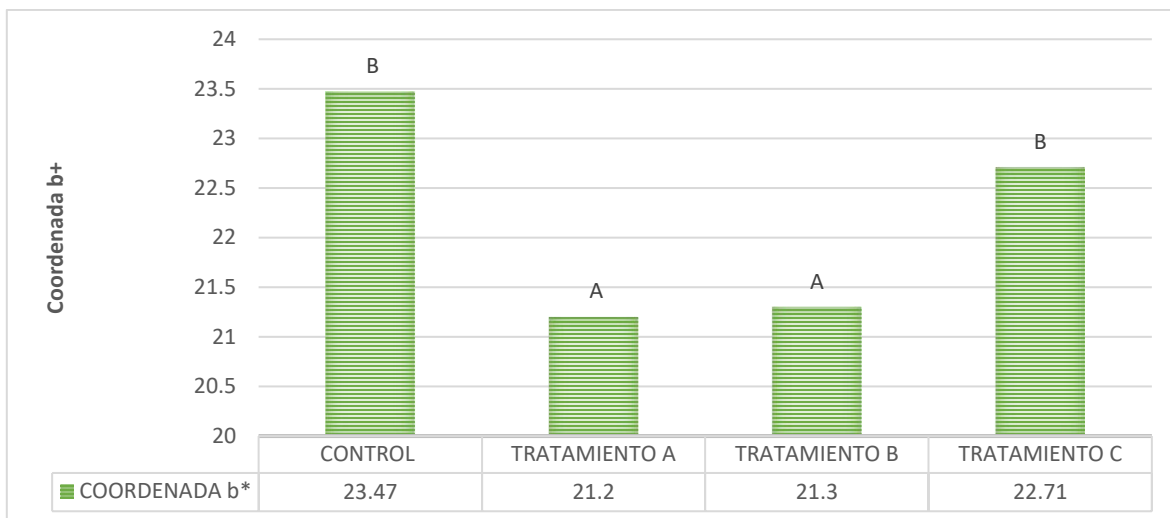


FIGURA 20. Valores de la coordenada b* de las muestras de cada tratamiento. Promedio de las tres repeticiones que se realizaron durante los 25 días

4.1.1.3.- Firmeza

La pérdida de la firmeza durante la maduración es uno de los principales factores que determinan la calidad y la vida postcosecha de muchos frutos (Aguilar, 2005). Previo a la maduración, los frutos tienen una estructura celular rígida, ordenada y bien definida, mientras que las paredes celulares blandas y difusas caracterizan los tejidos vegetales de los frutos maduros (Aguilar, 2005). El ablandamiento de los frutos es atribuido a la degradación de los componentes de la pared celular, principalmente pectinas, debido a la acción de enzimas específicas tales como la pectinesterasa y la poligalacturonasa (Aguilar, 2005).

Se ha observado que ambientes con concentración O₂ y altas CO₂, reducen a actividad enzimática causante de la degradación de las paredes celulares, permitiendo así, la retención de la firmeza de frutas y vegetales durante su vida postcosecha (Aguilar, 2005).

En la figura 21 y anexo 5, el análisis de varianza mostró que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras de manzana mínimamente procesada a las que se les aplicaron diferentes tratamientos y a la muestra del control. Se observa que, según la comparación de muestras de LSD Fisher, el control fue el que

conservo más firmeza, y el Tratamiento B fue el que sostuvo por menor tiempo su firmeza, pero el Tratamiento B y C mantienen una firmeza similar.

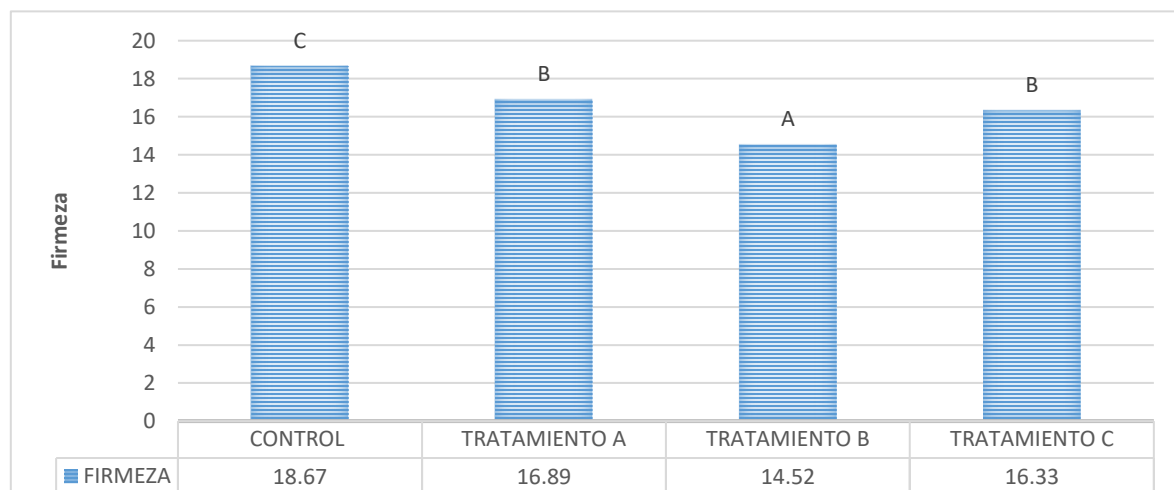


FIGURA 21. Firmeza (N) de las muestras de cada tratamiento. Promedio de las tres repeticiones que se realizaron durante los 25 días

4.1.2.- Evaluación de parámetros químicos

4.1.2.1.- Sólidos solubles totales

La concentración en sólidos solubles totales (SST) se expresa en grados Brix ($^{\circ}$ Brix), que originalmente es una medida de densidad (1 $^{\circ}$ Brix es la densidad de una disolución de sacarosa al 1 % peso y a esta le corresponde un índice de refracción, de esta manera se establece la correspondencia entre porcentaje de sólidos solubles y $^{\circ}$ Brix).

La disminución de los $^{\circ}$ Brix en los frutos recubiertos puede estar relacionado con la menor tasa de respiración exhibida por estos frutos respecto a la muestra testigo, afectando la síntesis y degradación de compuestos de reserva en el ciclo de Krebs, que en el caso de los frutos son los azúcares y los ácidos orgánicos (Figueroa *et al.*, 2011).

Según el análisis estadístico que se realizó para obtener los resultados de la concentración de $^{\circ}$ Brix, los cuales se muestran en la figura 22, observamos que las

muestras de manzana mínimamente procesadas, según el análisis de varianza tienen una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras con y sin tratamiento, (Anexo 6). En él se muestra que, según la comparación de medias de LSD Fisher, el control fue el que obtuvo mayor °Brix, el tratamiento C también tuvo un alto contenido de °Brix pero no mayor al control, pero los tratamientos A y B tienen la misma cantidad de °Brix, siendo éstos los que tienen menor contenido de SST.

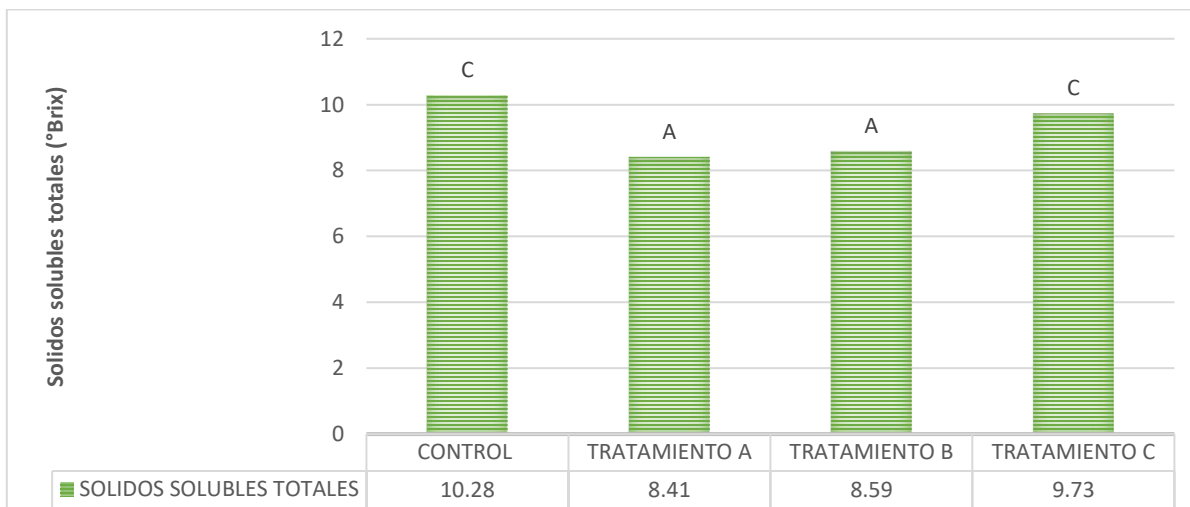


FIGURA 22. Sólidos solubles totales (°Brix) de las muestras de cada tratamiento. Promedio de las tres repeticiones que se realizaron durante los 25 días

4.1.2.2.- Acidez titulable

La acidez valorable, en general, aumenta con la maduración. Se expresa en forma de ácido málico, ya que es el mayoritario en este fruto (Vila-Rosario, 2006).

En la figura 23 de acuerdo con los resultados arrojados (Anexo 7), el análisis de varianza mostró que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras de manzana mínimamente procesada a las que se les aplicaron diferentes tratamientos y a las muestras del control. Se observa que, según la comparación de muestras de LSD Fisher, la acidez titulable se presentó de igual forma en el control, tratamiento A y C, pero en el tratamiento B la acidez es menor que en los otros tratamientos.

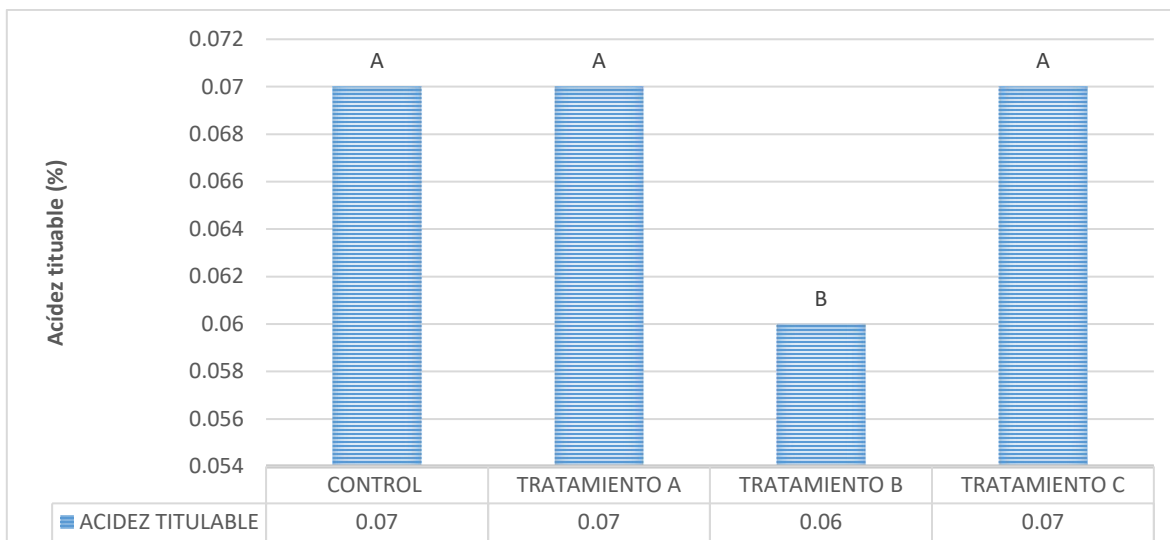
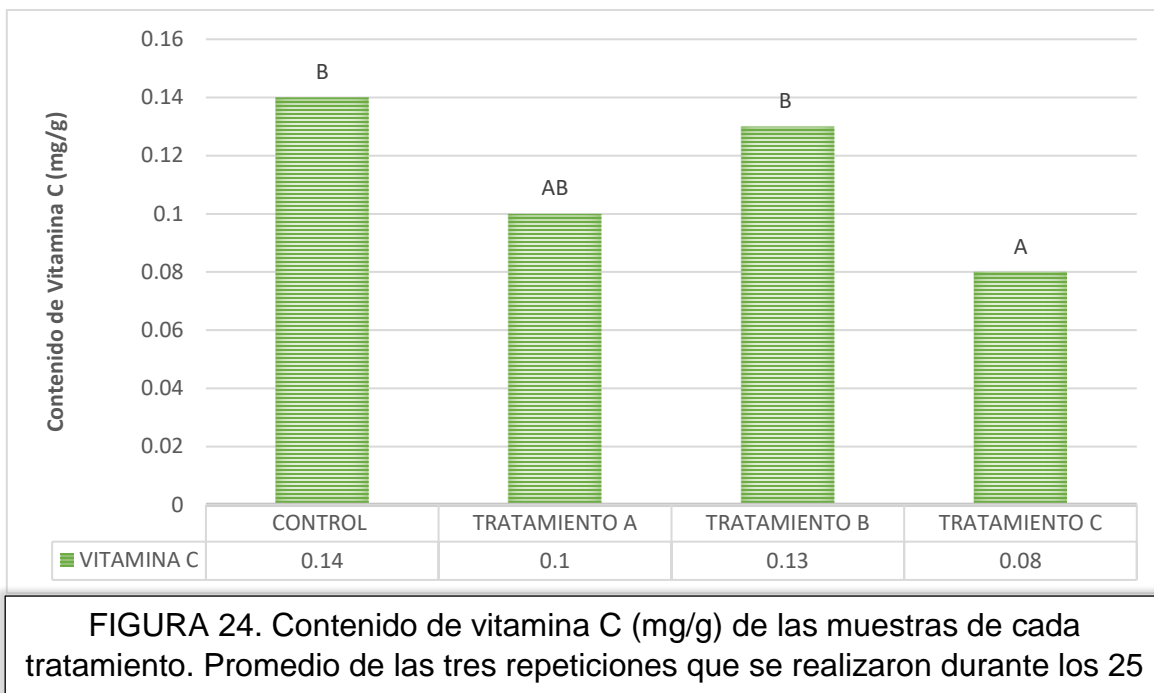


FIGURA 23. Acidez titulable (%) de las muestras de cada tratamiento. Promedio de las tres repeticiones que se realizaron durante los 25 días

4.1.2.3.- Vitamina C

Uno de los parámetros importantes establecidos en la calidad de las frutas y hortalizas es el contenido de vitamina C, potente antioxidante natural. Se conserva esta vitamina en el alimento, los demás nutrientes también serán conservados, ya que la degradación, oxidación, deshidratación y polimerización de esta vitamina forma otros productos nutritivamente inactivos (Fennema, 2000). Por lo que la determinación de vitamina C es un índice de calidad de nutrientes como el hierro, calcio, fibra, potasio, proteínas, carbohidratos, vitamina A, etc., muy importantes durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos (Pitalúa, 2005).

En la figura 24, se observan los resultados obtenidos en el análisis de varianza, éste mostró que hay diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras. La vitamina C que está presente en la manzana mínimamente procesada según la comparación de muestras de LSD Fisher, la muestra cubierta con el tratamiento C es más baja en comparación a las demás muestras cubiertas con los demás tratamientos. En el control es en donde se encuentra el mayor contenido de vitamina C, seguido del tratamiento B.



4.1.2.4.- Respiración

Las células vegetales continúan siendo metabólicamente activas después de la cosecha, y siguen obteniendo la energía necesaria del proceso de respiración aeróbica. La ventaja del uso de recubrimientos es que forman una barrera en la superficie del fruto, modificando la composición gaseosa interna, disminuyendo la tasa de respiración y, por lo tanto, prolongando la vida postcosecha del producto (Pérez y Báez, 2003).

Sin embargo, cabe destacar que la disminución de la tasa respiratoria y el retraso de la madurez de los frutos se obtiene siempre y cuando el fruto se mantenga respirando de forma aeróbica. Para todo producto existen límites mínimos de O₂ y máximos de CO₂ dentro de los cuales la modificación de la atmosfera es beneficiosa. Fuera de ellos, dicha atmosfera puede tener efectos perjudiciales, tales como la maduración no uniforme, inducción o incremento de la incidencia de desórdenes fisiológicos y desarrollo de malos olores y sabores debido a la acumulación de productos de la fermentación (Pérez y Báez, 2003).

Los resultados que se obtuvieron sobre la producción de CO₂, en las muestras de manzana mínimamente procesada, con y sin recubrimiento fue de 0 % en todas las muestras y en todos los días en los que se midió la tasa de respiración.

La tasa de producción de CO₂ de los vegetales estudiados se redujo cuando se aplicó el tratamiento térmico (Cuadro 3), lo que muestra que éste incide en la celeridad de respiración de los vegetales mínimamente procesados. Este resultado concuerda con los hallazgos de Wiley (1997) y Alegría (2012) quienes encontraron que dicho tratamiento reduce o elimina la actividad enzimática, lo cual afecta la tasa de respiración. Es probable que este tratamiento haya afectado parcialmente enzimas como la ACC sintasa y la ACC oxidasa, las cuales intervienen en la síntesis de etileno lo que, a su vez, desencadena la cascada de eventos propios del aceleramiento de la tasa de producción de CO₂ y, por lo tanto, de aquellos relacionados con la modificación del color y la pérdida de la firmeza. Miyazaki y Yang (1987) encontraron que el calentamiento no sólo inhibe la producción endógena de etileno sino también la respuesta a la aplicación exógena de este compuesto.

CUADRO 3. Tasa de producción de O₂ (%) durante 24 h en vegetales mínimamente procesados

Tratamiento	Vegetales					
	Apio	Brócoli	Chayote	Coliflor	Zanahoria	Zucchini
Baño químico por aspersión	0.243±0.005 a*	0.476±0.004 a	0.152±0.006 a	0.411±0.090 a	0.351±0.002 a	0.172±0.001 a
Recubrimiento comestible	0.239±0.005 ab	0.565±0.072 ab	0.190±0.003 c	0.578±0.003 c	0.297±0.018 c	0.200±0.001 c
Tratamiento térmico	0.076±0.020 c	0.379±0.064 c	0.107±0.003 d	0.295±0.032 d	0.189±0.009 d	0.187±0.001 d
Control	0.232±0.001 ab	0.510±0.004 ab	0.167±0.010 b	0.458±0.007 ab	0.333±0.027 ab	0.189 ±0.001 ab

* Valores dentro de una misma columna, seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa (P > 0.05), el control representa el tratamiento testigo y el valor numérico representa el promedio ± la desviación estándar

Por este motivo, se considera que los resultados obtenidos siempre fueron de un valor de 0, debido a que las muestras de manzana mínimamente procesada también fueron sometidas a un tratamiento térmico o escaldado (Figura 25).



FIGURA 25. Aplicación de proceso térmico (escaldado) a la manzana

El tratamiento que funcionó de forma más eficaz para la conservación de la calidad postcosecha de la manzana mínimamente procesada fue el tratamiento B, el cual está elaborado a base goma guar, glicerol y aceite de canela, ya que en comparación de los demás tratamientos fue el que tuvo mejores resultados en cuanto a la conservación de la calidad postcosecha de la manzana mínimamente procesada.

Pero se debe destacar que el tratamiento que tuvo mejores resultados fue el control, al cual solo se le aplicó el tratamiento térmico.

4.3.- Evaluación de análisis sensorial

La evaluación sensorial se realizó con 30 jueces entrenados de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en las instalaciones del Laboratorio de Evaluación Sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

La prueba que se aplicó fue una prueba hedónica con una escala de siete puntos. El diseño del experimento fue en bloques completamente al azar. Los resultados obtenidos se analizaron con el paquete estadístico Infostat aplicando un análisis de varianza y en caso de existir diferencia significativa se realizó la prueba de LSD de Fisher para comparación de medias.

Sí hubo diferencias significativas a una ($p < 0.05$) a una p de entre las muestras en los atributos de apariencia global, color, sabor, textura y aceptación global. En el atributo de sabor los panelistas o jueces no detectaron diferencia significativa a una ($p > 0.05$).

Resultados concentrados del análisis sensorial mediante análisis de varianza

- Control
- Tratamiento A (quitosano, ácido cítrico, goma guar, tween 80 y aceite de canela)
- Tratamiento B (goma guar, glicerol y aceite de canela)
- Tratamiento C (goma guar, glicerol, almidón y aceite de canela)

CUADRO 4. Resultados de la prueba hedónica

MUESTRA	APARIENCIA GLOBAL	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	ACEPTACIÓN GLOBAL
Control	5.20 ± 1.27 A B	5.23 ± 1.40 A B	4.77 ± 1.38 A	5.03 ± 1.47 B	4.03 ± 1.74 A	5.20 ± 1.36 B
Tratamiento A	5.37 ± 1.16 B	5.37 ± 1.04 B	4.93 ± 1.28 A	3.30 ± 1.67 A	4.33 ± 1.44 A	4.10 ± 1.57 A
Tratamiento B	4.70 ± 1.41 A	4.57 ± 1.43 A	4.77 ± 1.05 A	4.67 ± 1.16 B	3.38 ± 1.34 A	4.53 ± 1.33 A B
Tratamiento C	5.47 ± 1.14 B	5.4 ± 1.38 B	4.83 ± 1.09 A	4.73 ± 1.31 B	3.90 ± 1.53 A	4.93 ± 1.28 B

Los valores son las medias y \pm LDS de los juicios de 30 jueces entrenados. Letras diferentes indican que diferencias significativas ($p < 0.05$).

4.3.1.- APARIENCIA GLOBAL

En la figura 26 se muestran los resultados de la comparación de medias de LSD Fisher obtenida en el análisis de varianza que se muestra en el anexo 9, el

tratamiento B es completamente diferente a los demás tratamientos. El tratamiento A y C son iguales, a diferencia del control, ya que éste tiene similitudes con los demás tratamientos.

El tratamiento con mayor media es el C ya que, para los jueces, ésta fue la que tenía mejor apariencia en comparación con las otras muestras. Esto se logra apreciar en la figura 26.

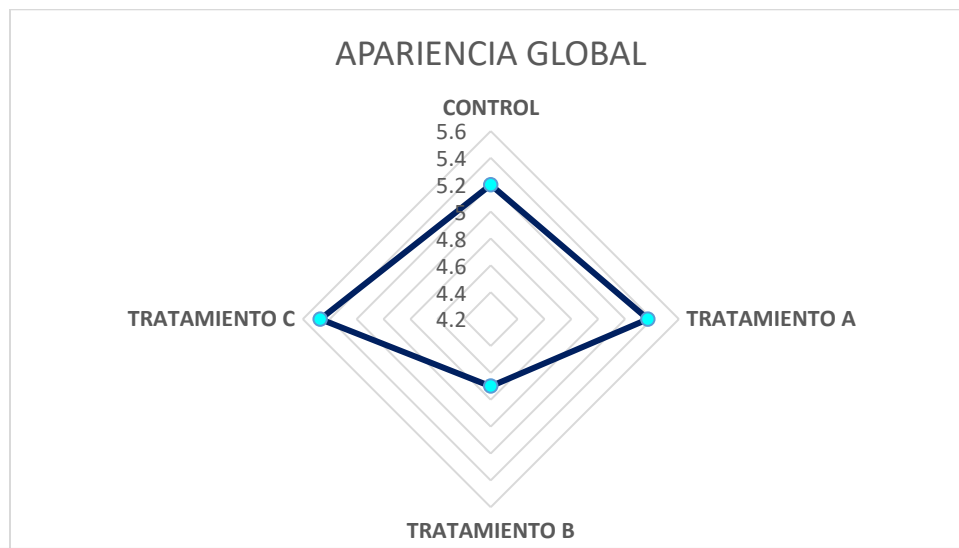


FIGURA 26. Resultados de las medias obtenidas para la apariencia global mediante escalas hedónicas de 7 puntos realizadas por jueces entrenados

4.3.2.- COLOR

En la figura 27 se muestran los resultados de la comparación de medias de LSD Fisher obtenida en el análisis de varianza que se muestra en el anexo 10. Según la gráfica el tratamiento B, es completamente diferente a los demás tratamientos. Los tratamientos A y C son iguales, a diferencia del control, ya que tiene similitudes con los demás tratamientos.

El tratamiento con mayor media es el C ya que, para los jueces, éste fue el que tenía mejor apariencia en comparación con los demás tratamientos.

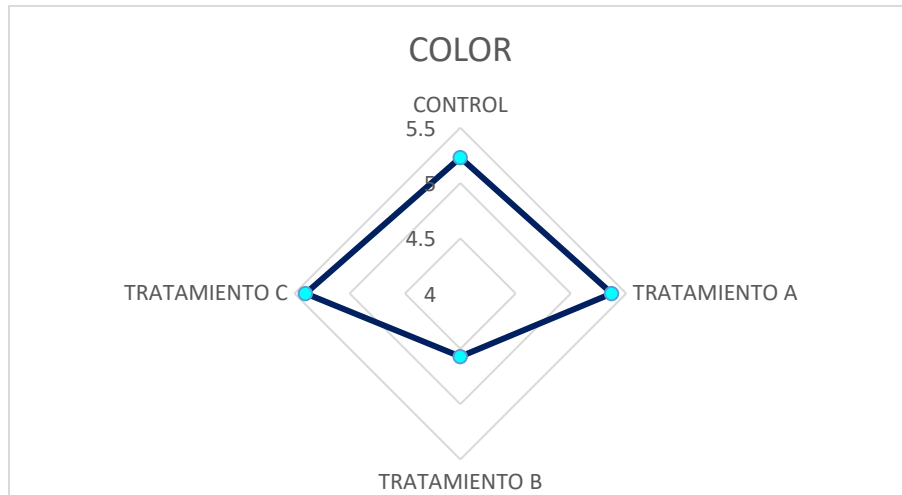


FIGURA 27. Resultados de las medias obtenidas para el color mediante escalas hedónicas de 7 puntos realizadas por jueces entrenados

4.3.3.- OLOR

En la figura 28 se muestran los resultados de la comparación de medias de LSD Fisher obtenida en el análisis de varianza que se muestra en el anexo 11. Según la gráfica los tratamientos A, B, C y el control, son completamente iguales.

El tratamiento con mayor media es el tratamiento A ya que, para los jueces, éste fue el que tenía mejor apariencia en comparación con los demás tratamientos.

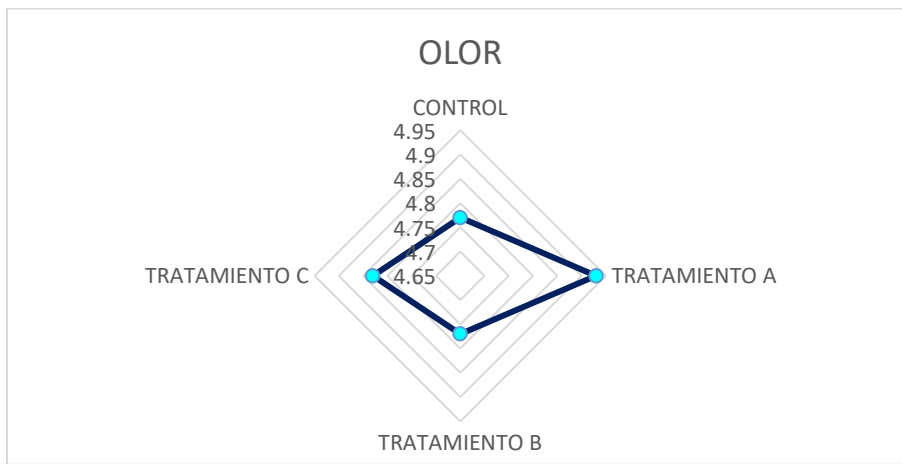


FIGURA 28. Resultados de las medias obtenidas para la apariencia olor mediante escalas hedónicas de 7 puntos realizadas por jueces entrenados

4.3.4.- TEXTURA

En la figura 29 se muestran los resultados de la comparación de medias de LSD Fisher obtenida en el análisis de varianza que se muestra en el anexo 12. Según la gráfica los tratamientos A, B, C y el control, son completamente iguales.

El tratamiento con mayor media es el tratamiento A ya que, para los jueces, éste fue la que tenía mejor apariencia en comparación con los demás tratamientos.

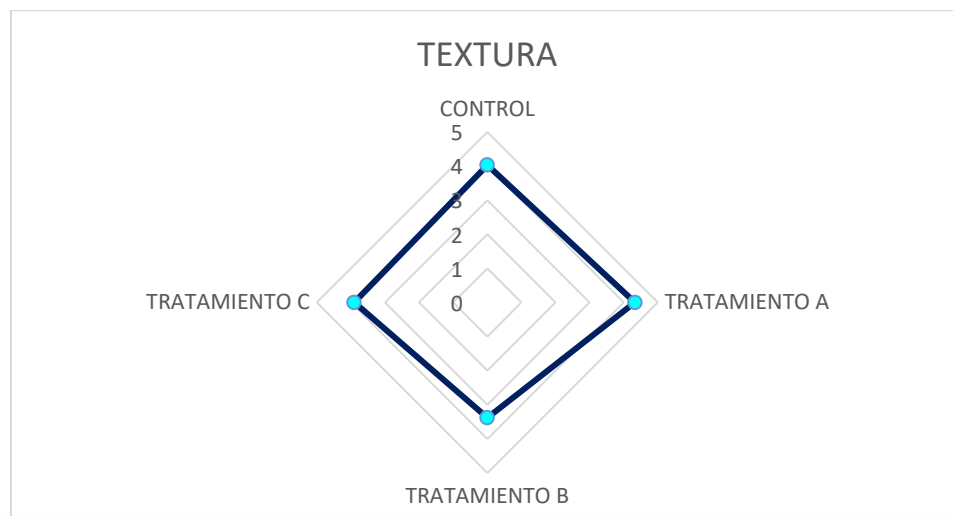


FIGURA 29. Resultados de las medias obtenidas para la textura mediante escalas hedónicas de 7 puntos realizadas por jueces entrenados

4.3.5.- SABOR

En la figura 30 se muestran los resultados de la comparación de medias de LSD Fisher obtenida en el análisis de varianza que se muestra en el anexo 13. Según la gráfica el tratamiento A, es completamente diferente a los demás tratamientos, pero los tratamientos B, C y el control, son completamente iguales.

El tratamiento con mayor media es el de control ya que, para los jueces, éste fue el que tenía mejor apariencia en comparación con las otras muestras.

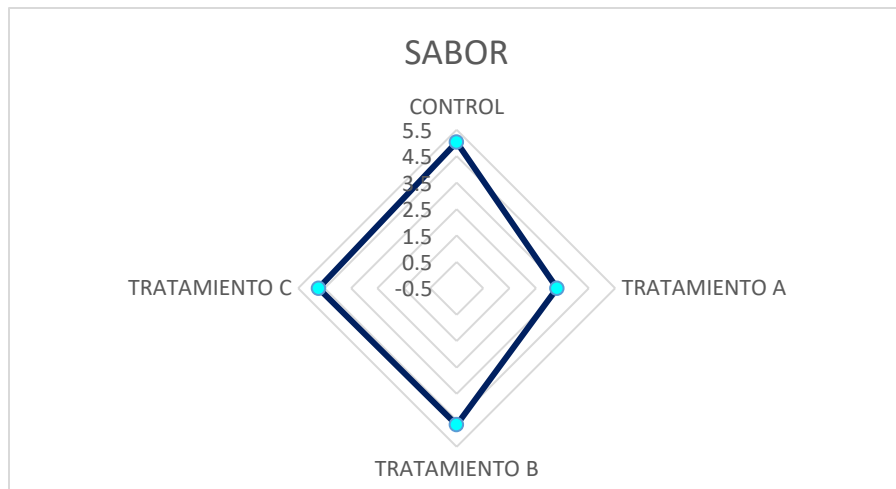


FIGURA 30. Resultados de las medias obtenidas para el sabor mediante escalas hedónicas de 7 puntos realizadas por jueces entrenados

4.3.6.-ACEPTACIÓN GLOBAL

En la figura 31, se muestran los resultados de la comparación de medias de LSD Fisher obtenida en el análisis de varianza que se muestra en el anexo 14. Según la gráfica el tratamiento A, es completamente diferente a los demás tratamientos, a diferencia del tratamiento C y de control, ya que estos son completamente iguales, en cambio el tratamiento B, tiene similitudes entre los tres tratamientos.

El tratamiento con mayor media es el de control, ya que, para los jueces, esta fue la que tenía mejor apariencia en comparación con los demás tratamientos.

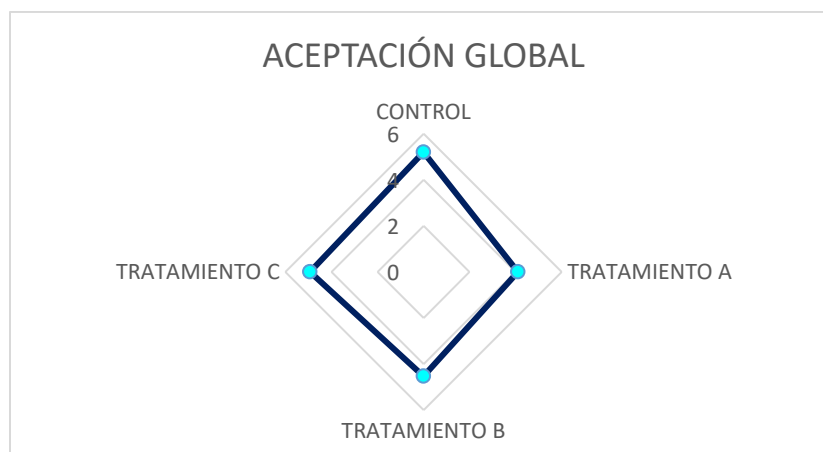


FIGURA 31. Resultados de las medias obtenidas para la aceptación global mediante escalas hedónicas de 7 puntos realizadas por jueces entrenados

En cuanto al análisis sensorial, el tratamiento que fue más aceptado por los jueces entrenados fue el tratamiento C, el cual se elaboró a base de una combinación de dos películas las cuales están preparadas a base de goma guar, glicerol, almidón y aceite de canela ya que este tuvo mayor aceptación, en comparación a los demás tratamientos.

4.4.- Comparación de los tratamientos

4.4.1.- Comparación de parámetros físicos y químicos

CUADRO 5. Comparación de parámetros físicos y químicos

	Peso (%)	Parámetro (L)	Coordenada (a*)	Coordenada (b*)	Firmeza	SST	Acidez T	Vitamina C
Tratamiento A	77.86	65.67	-4.79	21.2	16.89	8.41	0.07	0.1
Tratamiento B	82.29	66.57	-4.95	21.3	14.52	8.59	0.06	0.13
Tratamiento C	79.4	67.24	-5.07	22.71	16.33	9.73	0.07	0.08

Como se logra observar en el cuadro 5, el tratamiento A fue el mejor en comparación a los demás tratamientos, ya que obtuvo mayores valores numéricos, arrojando que la aplicación de un recubrimiento a base de goma guar es la mejor opción para la conservación de la calidad postcosecha de la manzana mínimamente procesada.

4.4.2.- Comparación de análisis sensorial

CUADRO 6. Comparación de análisis sensorial						
	Apariencia global	Color	Olor	Textura	Sabor	Aceptación global
Tratamiento A	5.37	5.37	4.93	4.33	3.3	4.1
Tratamiento B	4.7	4.57	4.77	3.38	4.67	4.53
Tratamiento C	5.47	5.4	4.83	3.9	4.73	4.93

En el cuadro 6, se logra observar que el tratamiento C, que está elaborado de una combinación de dos recubrimientos, uno de almidón y el otro de goma guar, fue el que tuvo mayor aceptación por los jueces ya que, según el análisis estadístico, éste obtuvo mayores resultados en comparación a los demás tratamientos.

CAPÍTULO V

5.- CONCLUSIONES

- Se logró evaluar el efecto de las biopelículas de los diferentes tratamientos que se elaboraron, obteniendo como resultado que el tratamiento a, que está elaborado a base de quitosano, ácido cítrico, tween 80 y aceite de canela, fue la más eficaz en comparación a los demás tratamientos.
- En cuanto a la evaluación sensorial, el que tuvo mayor preferencia por los jueces entrenados que evaluaron las muestras de manzana mínimamente procesada, el tratamiento C, el cual se elaboró a base de una combinación de dos películas que se hicieron, a base de goma guar, glicerol, almidón y aceite de canela.

CAPÍTULO VI

6.- BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar M.Á. (2005). "Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate". Instituto politécnico Nacional. Tesis de Maestría, 10 - 11
- Alegría C., Pinheiro J., Duthoit M., Gonçalves E.M., Moldão-Martins M. y Abreu M. (2012). "Calidad de zanahoria fresca (cv. Nantes) afectada por el tratamiento de estrés abiótico (choque térmico e irradiación con UV-C). 48 (2): 197 - 203.
- Arenas C. (2013). "Evaluación del efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible en melones cortados y almacenados en refrigeración". *Revista Saber*. 25 (2): 218 - 226.
- Arévalo-Alvarenga V.L., Azucena-Peña G.A., Laínez-Amaya S.E. (2018). "Formación y caracterización de una biopelícula comestible elaborada a partir de Almidón de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y yuca (*Manihot esculenta*)", Tesis de Licenciatura. Universidad de El Salvador, El Salvador 11-12.
- Bautista-Baños S., Hernández-Lauzardo A.N., Velázquez-Del Valle M.G., Hernández-López M., Ait-Barka E., Bosques-Molina E., Wilson C.L. (2006). "El quitosano como un potencial compuesto natural para controlar las enfermedades pre y postcosecha de los productos hortícolas". *Protección de Cultivos*. 25 (2): 51-52.
- Cagri A., Ustunol Z., Ryser E.T. (2004). "Películas y recubrimientos antimicrobianos comestibles". *Journal of Food Protection*, 67 (4): 833 - 848.

- Campos C.A., Gerschenson L.N., Flores S.K. (2011). "Desarrollo de películas y recubrimientos comestibles con actividad antimicrobiana". *Food Bioprocess Technol.* 4: 849 - 875.
- Casarriego A., García M.A., Ventosa M., Díaz R. (2011). "Efecto de coberturas de alginato de sodio enriquecidas con *Aloe vera* en la calidad de zanahoria mínimamente procesada". *Ciencia y Tecnología de Alimentos.* 21(3): 62 - 67.
- Charri K.M., Huamán-Torres C.F. (2017). "Actividad del aceite esencial de *Cinnamomum zeylanicum* "Canela" frente a biopelículas de *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* inducidas *in vitro* sobre lentes de contacto blandos". Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica, Lima Perú, Pág. 18.
- Chuchuca-Galo W., Dick-Zambrano A.K., Peñafiel J.F. (2012). "Implementación y validación de una metodología económica para la medición de color aplicada en alimentos". Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil, Ecuador. 48 - 49.
- Dahall R.K. (2013). Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 53: 435 - 450.
- De Ancos-Begoña., González-Peña D., Colina-Coca C., Sánchez-Moreno C. (2015). "Uso de películas/recubrimientos comestibles en los productos de IV y V gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha.* 16(1): 8 - 17.
- Escobar A. (2014). Aplicación de tratamientos térmicos, recubrimientos comestibles e inmersión química como tratamientos poscosecha para la conservación de hortalizas frescas. *Acta Agronómica.* 63(1): 1 - 10.

- Falguera V., Quintero P., Jiménez A., Muñoz J.A., Ibarz A. (2011). "Películas y recubrimientos comestibles: estructuras, función activa y tendencias en su uso". *Tendencias en ciencia y tecnología de alimentos*, 22 (10): 7.
- Fennema O. (2000). *Química de los alimentos*. Acribia. Zaragoza, España. 23 – 24.
- Fernández Valdés D, Bautista-Baños S., Valdés-Fernández D., Ocampo-Ramírez A., García-Pereira A., Falcón-Rodríguez A. (2015). "Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación postcosecha de frutas y hortalizas". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 24(3): 52 - 57.
- Fernández N.M., Echeverría D.C., Mosquera-Silvio A., Paz S.P. (2017). "Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas" *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 15(2): 134 - 141.
- Figuroa J., Salcedo J., Olivero R., Narváez G. (2011). "Recubrimientos comestibles en la conservación del mango y aguacate, y perspectiva, al uso del propóleo en su formulación". *Revista Colombiana de Ciencias Animales*, 3(2): 386 - 400.
- Peredo-Luna H.A., López-Malo A. (2009). "Aceites esenciales: métodos de extracción". Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de las Américas. Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. 3 -1: 24 - 32.
- Jo W.S., Hye Y.S., Song N.B., Lee J.H., Min S.C., Song K.B. (2014). "Calidad y seguridad microbiana de las manzanas 'Fuji' recubiertas con carnauba cera laca que contiene aceite de hierba de limón". *LWT- Food Science and Technology*. 55: 490 – 497.
- Miyazaki J., Yang S. (1987). La vía de recuperación de la metionina en relación con la biosíntesis de etileno y poliamina. *Fisiol. Planta*. 69(2): 366 – 370.

- Moncayo D. (2013). “Desarrollo de un recubrimiento comestible a partir de un biopolímero para prolongar la vida útil de frutas frescas”. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Maestría, Bogotá, Colombia. 31 - 32.
- Mora F.J. (2013). “Efecto de la concentración de Cmc, Goma guar y Goma xantana sobre la sinéresis, características reológicas y consistencia sensorial de salsa de alcachofa (*Cynara Scolymus* L.) variedad imperial star”. Tesis de Licenciatura, Perú. 40 – 41.
- Padrón-Márquez B. (2010). “Componentes químicos con actividad bactericida, fungicida y citotóxica de plantas de la familia Myrtaceae y Lauraceae. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad De Ciencias Biológicas. Nuevo León, México. 28 – 29.
- Parshad V., Kalia A. (2015). “Una tienda de nuevas tendencias se dedica a la conservación y el envasado de frutas / productos frutales: perspectivas microbiológicas y nanotecnológicas”. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 55: 159 - 182.
- Pérez B., Báez R. (2003). “Utilización de ceras comestibles en la conservación de frutas”. *Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, 59 – 60.
- Pitalúa C. (2005). “Desarrollo de un ate de guayaba natural y determinación de sus propiedades físicas”. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. Veracruz, México. 15 – 16.
- Quezada J., Díaz M., Gutiérrez M., Debeaufort F. (2003). “Aplicación de recubrimientos comestibles para mejorar la vida útil de guayaba mexicana”. *Acta Horticultura*. 599: 589 - 594.

- Quintero C., Falguera J.I., Muñoz V., Aldemar H.I. (2010). "Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola". *Revista Tumbaga*. 5: 93 - 118.
- Ramos-García M.L., Bautista-Baños S., Barrera-Necha L. (2010). "Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas". *Revista Mexicana de Fitopatología*. 28(1): 44 - 57.
- Ramos G. (2014). "Extensión de la vida útil de los frutos del tomate por efecto de un látex polimérico comestible". *Revista Internacional de Botánica Experimental*. 83: 139 - 143.
- Rojas-Grau M.A., Soliva-Fortuny R., Martín-Belloso O. (2009). "Recubrimientos comestibles para incorporar ingredientes activos a frutas frescas". *Tendencias en ciencia y tecnología de alimentos*. 438 – 447.
- SAGARPA (2015). Manzana Golden: márgenes de contaminación, Servicio de información Agroalimentaria y pesquera (SIAP).
- SAGARPA (2018). Manzana, Servicio de información Agroalimentaria y pesquera (SIAP).
- Salazar del Carmen F. (1997). "Valoración de características para la formación de un arquetipo de guayaba apto para un ambiente no restrictivo". Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Estado de México, México. Pp. 176.
- Sánchez-González L., Pastor C., Vargas M., Chiralt A., González-Martínez C. (2011). "Efecto de los recubrimientos de hidroxipropilmetilcelulosa y quitosano con y sin aceite de bergamota en la calidad y seguridad de las uvas almacenadas en frío". *Revista de Biología y Tecnología*. 60(1): 57 - 63.

Silva-Weiss A., Hi M., Sobral P.J.A., Gómez-Guillen M.C., Bifani V. (2013). "Aditivos naturales en películas y recubrimientos comestibles bioactivos: funcionalidad y aplicaciones en alimentos". *Food Eng Rev.* 5: 200 - 216.

Teixeira G.H.A, Cunha-Júnior L.C., Ferraudoc A.S., Durigana J.F. (2016). "Calidad de la guayaba (*Psidium guajava* L. cv. Pedro Sato) fruto almacenado en las atmósferas controladas con bajo contenido de O₂ se ven afectadas negativamente por el aumento de niveles de CO₂" *Biología y tecnología postcosecha.* 111: 62 - 68.

Vásconez M., Flores S., Campos C., Alvarado J., Gerschenson L. (2009). Actividad antimicrobiana y propiedades físicas de las películas y recubrimientos comestibles a base de almidón de chitosan-tapioca. *Internacional de Investigaciones Alimentarias.* 42: 762 - 769.

Vázquez-Briones M.C., (2013). "Recubrimientos de frutas con biopelículas. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental". Universidad de las Américas Puebla. México. 26 – 27.

Velázquez A., Guerrero J. (2013). "Recubrimientos en frutas con biopelículas". *Revista Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos.* 2: 23 - 29.

Vila R. (2006). "Caracterización Físico-Química del membrillo Japonés (*Chaenomeles* Sp. Lindl.). Desarrollo fisiológico y conservación frigorífica". Tesis de Doctorado. Murcia, España. 15 – 16.

Wiley R. (1997). Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Zaragoza, España. Acribia. 68 – 82 pp.

Yang L., Paulson A.T. (2000). "Propiedades mecánicas y de barrera al vapor de agua de películas gelatinas comestibles". *Investigación Alimentaria Internacional*. 33: 563 - 570.

CAPÍTULO VII

7.- ANEXOS

Anexo 1.- Cambio de peso

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PESO CONSTANTE	216	0.97	0.97	11.26

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	296.20	8	37.02	745.49	<0.0001
TRATAMIENTO	7.32	3	2.44	49.16	<0.0001
DÍA	288.87	5	57.77	1163.29	<0.0001
Error	10.28	207	0.05		
Total	306.48	215			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.08455

Error: 0.0497 gl: 207

TRATAMIENTO Medias n E.E.

Control	1.69	54	0.03	A
B	2.00	54	0.03	B
C	2.03	54	0.03	B
A	2.20	54	0.03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 2.- Parámetro L* (luminosidad)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L*	216	0.60	0.58	4.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2695.33	8	336.92	38.76	<0.0001
TRATAMIENTO	70.34	3	23.45	2.70	0.0469
DÍA	2624.99	5	525.00	60.40	<0.0001
Error	1799.13	207	8.69		
Total	4494.46	215			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.11856

Error: 8.6915 gl: 207

TRATAMIENTO Medias n E.E.

A	65.67	54	0.40	A
B	66.57	54	0.40	A B
Control	66.79	54	0.40	A B
C	67.24	54	0.40	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 3.- Coordenada a*

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
a*	216	0.38	0.35	13.25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	51.41	8	6.43	15.54	<0.0001
TRATAMIENTO	6.67	3	2.22	5.37	0.0014
DÍA	44.74	5	8.95	21.63	<0.0001
Error	85.62	207	0.41		
Total	137.03	215			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.24402

Error: 0.4136 gl: 207

TRATAMIENTO Medias n E.E.

C	-5.07	54	0.09	A
B	-4.95	54	0.09	A B
A	-4.79	54	0.09	B C
Control	-4.60	54	0.09	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 4.- Coordenada b*

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
b*	216	0.14	0.11	15.24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	386.80	8	48.35	4.23	0.0001
TRATAMIENTO	198.66	3	66.22	5.80	0.0008
DÍA	188.14	5	37.63	3.29	0.0070
Error	2364.54	207	11.42		
Total	2751.34	215			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.28233

Error: 11.4229 gl: 207

TRATAMIENTO Medias n E.E.

A	21.20	54	0.46	A
B	21.30	54	0.46	A
C	22.71	54	0.46	B
Control	23.47	54	0.46	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 5.- Firmeza

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TEXTURA	216	0.25	0.22	19.54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	727.30	8	90.91	8.64	<0.0001
TRATAMIENTO	473.43	3	157.81	15.00	<0.0001
DÍA	253.87	5	50.77	4.83	0.0003
Error	2177.60	207	10.52		
Total	2904.90	215			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.23060

Error: 10.5198 gl: 207

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
B	14.52	54	0.44	A
C	16.33	54	0.44	B
A	16.89	54	0.44	B
Control	18.67	54	0.44	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 6.- Sólidos solubles totales

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SOLIDOS SOLUBLES TOTALES	216	0.53	0.51	14.56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	420.60	8	52.58	28.98	<0.0001
TRATAMIENTO	130.97	3	43.66	24.06	<0.0001
DÍA	289.63	5	57.93	31.92	<0.0001
Error	375.60	207	1.81		
Total	796.20	215			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.51108

Error: 1.8145 gl: 207

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
A	8.41	54	0.18	A
B	8.59	54	0.18	A
C	9.73	54	0.18	B
Control	10.28	54	0.18	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 7.- Acidez titulable

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ACIDÉZ	72	0.63	0.58	9.74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.6E-03	8	5.8E-04	13.47	<0.0001
TRATAMIENTO	1.0E-03	3	3.3E-04	7.71	0.0002
DÍA	3.7E-03	5	7.3E-04	16.92	<0.0001
Error	2.7E-03	63	4.3E-05		
Total	0.01	71			

Anexo 8.- Vitamina C

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
VITAMINA C	72	0.73	0.69	54.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.64	8	0.08	21.22	<0.0001
TRATAMIENTO	0.04	3	0.01	3.79	0.0145
DÍA	0.60	5	0.12	31.67	<0.0001
Error	0.24	63	3.8E-03		
Total	0.88	71			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.04097

Error: 0.0038 gl: 63

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
C	0.08	18	0.01	A
A	0.10	18	0.01	A B
B	0.13	18	0.01	B
Control	0.14	18	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 9.- Atributo (Ap. Global)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
APARIENCIA GLOBAL	120	0.05	0.03	24.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10.43	3	3.48	2.13	0.1004
MUESTRA	10.43	3	3.48	2.13	0.1004
Error	189.53	116	1.63		
Total	199.97	119			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.65369

Error: 1.6339 gl: 116

MUESTRA	Medias	n	E.E.	
871.00	4.70	30	0.23	A
432.00	5.20	30	0.23	A B
905.00	5.37	30	0.23	B
628.00	5.47	30	0.23	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 10.- Atributo (Color)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
COLOR	120	0.06	0.04	26.22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13.69	3	4.56	2.51	0.0622
MUESTRA	13.69	3	4.56	2.51	0.0622
Error	210.90	116	1.82		
Total	224.59	119			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.68955

Error: 1.8181 gl: 116

MUESTRA	Medias	n	E.E.	
871.00	4.57	30	0.25	A
432.00	5.23	30	0.25	A B
905.00	5.37	30	0.25	B
628.00	5.40	30	0.25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 11.- Atributo (Olor)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
OLOR	120	3.1E-03	0.00	25.58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.56	3	0.19	0.12	0.9469
MUESTRA	0.56	3	0.19	0.12	0.9469
Error	176.77	116	1.52		
Total	177.33	119			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.63129

Error: 1.5239 gl: 116

MUESTRA	Medias	n	E.E.
432.00	4.77	30	0.23 A
871.00	4.77	30	0.23 A
628.00	4.83	30	0.23 A
905.00	4.93	30	0.23 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 12.- Atributo (Textura)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TEXTURA	120	0.02	0.00	38.50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.43	3	1.48	0.61	0.6070
MUESTRA	4.43	3	1.48	0.61	0.6070
Error	278.50	116	2.40		
Total	282.93	119			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.79239

Error: 2.4009 gl: 116

MUESTRA	Medias	n	E.E.
871.00	3.83	30	0.28 A
628.00	3.90	30	0.28 A
432.00	4.03	30	0.28 A
905.00	4.33	30	0.28 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 13.- Atributo (Sabor)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SABOR	120	0.19	0.16	32.16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	53.67	3	17.89	8.80	<0.0001
MUESTRA	53.67	3	17.89	8.80	<0.0001
Error	235.80	116	2.03		
Total	289.47	119			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.72912

Error: 2.0328 gl: 116

MUESTRA	Medias	n	E.E.	
905.00	3.30	30	0.26	A
871.00	4.67	30	0.26	B
628.00	4.73	30	0.26	B
432.00	5.03	30	0.26	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 14.- Atributo (Acep. Global)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ACEPTACIÓN GLOBAL	120	0.08	0.06	30.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	20.76	3	6.92	3.48	0.0183
MUESTRA	20.76	3	6.92	3.48	0.0183
Error	230.83	116	1.99		
Total	251.59	119			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.72140

Error: 1.9899 gl: 116

MUESTRA	Medias	n	E.E.	
905.00	4.10	30	0.26	A
871.00	4.53	30	0.26	A B
628.00	4.93	30	0.26	B
432.00	5.20	30	0.26	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)