

**EFFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES A BASE GOMA GELLAN,
GELATINA Y CASEINA SOBRE LA CINETICA DE DETERIORO DE LA MORA DE
CASTILLA *Rubus glaucus* Benth.**

**CRISTHIAN ALEJANDRO PATARROYO TORRES
ANA JULIA CÁRDENAS ROJAS**

Trabajo de grado como requisito para optar el título de ingeniero agroindustrial

Director

VALENZUELA REAL CLAUDIA PATRICIA

Magister en Ingeniería Agrícola

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

IBAGUÉ

2014

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
COMITÉ DE INVESTIGACIONES
ACTA DE SUSTENTACIÓN

Estudiante CRISTHIAN ALEJANDRO PATARROYO TORRES
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TÍTULO: EFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES A BASE DE GOMA GELLAN Y CASEINA SOBRE LA CINÉTICA DE DETERIORO DE LA MORA DE CASTILLA

Fecha Sustentación: 21 de abril de 2014

Director: Claudia Patricia Valenzuela Real

Jurado No.1: JUAN PABLO QUINTERO CERON

Jurado No.2: JOSÉ FERNANDO SOLANILLA DUQUE

Factores Evaluados	Jurado 1	Jurado 2	Definitiva
Relevancia Científica (30%)	4.0	4.0	4.0
Complejidad y Profundidad (20%)	3.8	3.8	3.8
Calidad Estructural (10%)	3.8	3.8	3.8
Estilo y Presentación (10%)	5.0	5.0	5.0
Sustentación del trabajo (30%)	4.5	4.5	4.5
Definitiva	4.2	4.2	4.2


RAFAEL ANTONIO FLÓREZ PAURA
Coordinador del Comité de Investigaciones

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
COMITÉ DE INVESTIGACIONES
ACTA DE SUSTENTACIÓN**

**Estudiante ANA JULIA CARDENAS ROJAS
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**TITULO: EFECTO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES A BASE DE GOMA GELLAN Y
CASEINA SOBRE LA CINÉTICA DE DETERIORO DE LA MORA DE CASTILLA**

Fecha Sustentación: 21 de abril de 2014

Director: Claudia Patricia Valenzuela Real

Jurado No.1: JUAN PABLO QUINTERO CERON

Jurado No.2: JOSÉ FERNANDO SOLANILLA DUQUE

Factores Evaluados	Jurado 1	Jurado 2	Definitiva
Relevancia Científica (30%)	4.0	4.0	4.0
Complejidad y Profundidad (20%)	3.8	3.8	3.8
Calidad Estructural (10%)	3.8	3.8	3.8
Estilo y Presentación (10%)	5.0	5.0	5.0
Sustentación del trabajo (30%)	4.5	4.5	4.5
Definitiva	4.2	4.2	4.2



RAFAEL ANTONIO FLOREZ FAURA
Coordinador del Comité de Investigaciones

DEDICATORIA

Este nuevo logro merece una dedicatoria a personas que marcaron nuestros corazones y nuestras vidas, ya fuese durante largo o corto tiempo, pero que de una u otra forma hicieron de nosotros mejores personas.

En primera instancia a Dios por ser el motor de mi vida, por iluminarme y por sus infinitas bendiciones.

A mis padres, *las personas que me dieron la vida*, los seres más valiosos en este mundo, quienes siempre confiaron en mi potencial y en mis habilidades, por todo su esfuerzo y sacrificio pues por ellos soy quien soy; me enseñaron lo esencial, a tener ilusiones, aspiraciones, esperanza y fe en la vida. Gracias por su infinito amor y por siempre creer en mí.

A mi hermana, por llenar de luz mi vida, por permitirme ser tu ejemplo a seguir, por todos los momentos compartidos y por las experiencias vividas.

A Juliana García por enseñarme a afrontar momentos en la vida, por permitirme hacer parte de tu familia, tu amigo y confidente por tu infinito apoyo en esta etapa de mi vida.

A mis amigos y compañeros por ser hermanos, cómplices y confidentes, con quienes compartí alegrías, tristezas, triunfos, derrotas, peleas y reconciliaciones; momentos y experiencias, que nunca se podrán olvidar,

A toda mi familia, por siempre contar con su comprensión, amor y apoyo.

Cristhian Alejandro Patarroyo Torres.

Especialmente a Dios por darnos la inteligencia, sabiduría, paciencia, fortaleza y capacidad para ejecutarlo y finalizarlo.

A mis padres que aunque no están en este mundo, siempre me acompañan y me dan la fuerza necesaria para seguir cada día luchando por mis sueños, en poco tiempo me formaron y enseñaron lo suficiente para ser quien soy.

A mi hermano Mauricio con mucho amor, por ser mi ejemplo a seguir, por su ayuda incondicional en cada situación de mi vida, por no desampararme y apoyarme en mi formación profesional, sin él no estaría donde estoy.

A mis amigos y compañeros, quienes nos apoyamos mutuamente en esta etapa de crecimiento intelectual y personal, que aunque pasó sin darnos cuenta, nos deja en el corazón infinitos momentos que nos marcan para siempre

A cada una de las personas que me acompañaron en momentos de mi vida y que de alguna u otra forma me ayudaron y apoyaron para que lograra esta meta que me propuse.

Ana Julia Cárdenas Rojas

AGRADECIMIENTOS

A Dios por habernos permitido alcanzar una meta más en nuestras vidas.

A la Ing. Claudia Patricia Valenzuela por depositar su confiar en nosotros y darnos la oportunidad de desarrollar este proyecto investigativo, por su paciencia para escucharnos en momentos difíciles y siempre brindarnos su apoyo al momento de resolver nuestras múltiples dudas, y sobre todo por su gran amistad.

Al grupo de investigación CEDAGRITOL por el apoyo incondicional y por su ayuda desinteresada en el desarrollo de esta investigación.

Al Laboratorio de Bromatología de la Secretaria de Salud Pública del Departamento del Tolima por su apoyo

A los productores de mora del cañón del Combeima.

GLOSARIO

AGENTE FUNCIONAL: componente que permite que el recubrimiento adquiera una actividad funcional que aumentan el valor nutrimental y mejore la calidad de los mismos.

AGENTE MICROBIANO: componente que confiere actividad antimicrobiana y fungicida al recubrimiento comestible mejorando la preservación de los alimentos.

CASEINA MICELAR: proteína no desnaturalizada relativamente hidrofóbica con mayor pureza y concentración de péptidos bioactivos.

CASEINATO DE CALCIO: proteína producida a partir de la caseína, cuyo pH puede ser neutro o ácido, es relativamente insoluble en agua, pero más soluble que la caseína micelar.

EMULSION: mezcla de líquidos inmiscibles mediante una homogenización, los cuales uno se encuentra distribuido en el otro en forma de gotas y son dispersados por agitación mecánica.

GELATINA: proteína que tiene un alto grado gelificante y es empleado como material formador de películas, por su abundancia, bajo costo y disponibilidad.

GOMA GELLAN: polisacárido tetrasacárido lineal, empleado como agente gelificante, espesante, estabilizante y formador de películas constituyéndose en un hidrocoloide multifuncional.

MORA DE CASTILLA: baya no climatérica, se encuentra conformada por una agrupación de drupas, perteneciente a la familia de las rosaceae, originaria de las zonas altas tropicales de América.

PARÁMETROS COLORIMÉTRICOS: conjunto de variables con los que se puede cuantificar y medir el color mediante la obtención de valores numéricos.

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS: métodos establecidos para evaluar la calidad de las frutas, con los que se puede contribuir a la determinación y estandarización de características deseadas de un alimento, como sólidos solubles totales, pH, acidez titulable y pérdida de peso.

PARÁMETROS FUNCIONALES: metodologías establecidas para determinar el aporte funcional que influyen sobre el carácter sensorial o comportamiento del alimento, durante su preparación, transformación o almacenamiento; como actividad antioxidante, contenido fenólico total y antocianos monomericos totales.

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS: criterios establecidos para cuantificar la cantidad de microorganismos patógenos presentes en una muestra y estandarizar los niveles de aceptabilidad de los mismos

PELICULA COMESTIBLE: son estructuras preformadoras delgadas originarias de la mezcla o combinación de diferentes componentes, empleadas como estructuras de prueba para la determinación de propiedades mecánicas.

PLASTIFICANTE: sustancia de bajo peso molecular que son incorporadas dentro de la matriz polimérica para incrementar la flexibilidad, elongación, reducir las fuerzas intermoleculares y mejorar el funcionamiento en películas y recubrimientos comestibles.

POLISACÁRIDO: polímero de cadena larga en forma lineal o ramificada, formado por varios monosacáridos, empleado en la industria alimentaria como componente de películas y recubrimientos comestibles.

PROPIEDADES MECÁNICAS: Son las características inherentes de una película comestible, que permiten diferenciar y determinar las propiedades o el comportamiento

que puede tener en un proceso de control y evaluación cuando son sometidas a ciertas variables como espesor transparencia, permeabilidad, hinchamiento, solubilidad, entre otras.

PROTEÍNA: es una macromolécula la cual, se emplea en la elaboración de películas y recubrimientos comestibles.

RECUBRIMIENTO COMESTIBLE: es una estructura continua, delgada empleada para ser aplicada a algún alimento, por aspersion o inmersión que sirve para proteger y mejorar la calidad del producto.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue estudiar el efecto de recubrimientos comestibles (RC) a base de goma gellan (0,5%p/v), gelatina (0,2%p/v) y dos tipos de caseína (micelar y caseinato de calcio 0,1%p/v), combinados con glicerol (0,1%v/v) como plastificante, natamicina (5mg/ml solución formadora de recubrimiento) como agente antifúngico y aceite de canola (0,025%v/v) como compuesto funcional, sobre la calidad fisicoquímica, funcional y microbiológica de mora de castilla. La fruta procedente de la vereda El Retiro del Cañón del Combeima, pre-tratada con oxido de calcio (0,16%) a nivel foliar, recolectada de forma aleatoria en grado de madurez 5, lavada, desinfectada y recubierta por inmersión, fue empacada en tarrinas de ptereftalato de polietileno (PET) y almacenada bajo condiciones de refrigeración comercial, ($3\pm 1^{\circ}\text{C}$, $75\pm 5\%\text{HR}$), durante 13 días. Con el fin de estandarizar los recubrimientos se prepararon mezclas, evaluadas de forma preliminar como películas comestibles (PC), determinando solubilidad, hinchamiento, permeabilidad al vapor de agua (PVW), espesor y transparencia. La PVW evidencio baja barrera al vapor de agua debido a la hidroficidad de los componentes de la matriz, las PC fueron altamente solubles en agua y a pesar de presentar alto hinchamiento no se desintegraron. En general se evidencio que los frutos recubiertos con RC-CM y RC-CC presentaron un aumento en los valores de pH, acidez titulable y sólidos solubles totales, como consecuencia del avance de la maduración; inhibieron el crecimiento de mohos, levaduras y mesófilos, redujeron pérdidas por lixiviación y mantuvieron la calidad organoléptica y funcional del producto.

Palabras Clave: fruto percedero, matriz multicomponente, hidrocoloides, calidad, vida útil.

ABSTRACT

The objective was to study the effect of edible coatings (RC) based on gellan gum (0.5%w/v) gelatin (0.2%w/v) and two types of casein (micellar and calcium caseinate 0,1% w / v), combined with glycerol (0,1%v/v) as a plasticizer, natamycin (5mg/ml forming coating solution) as an antifungal agent and canola oil (0,025%v/v) as the functional compound, on the quality physicochemical, functional and microbiological castilla blackberry. The fruit from the El Retiro Combeima Canyon, pre-treated with calcium oxide (0,16%) at leaf level, randomly collected at maturity 5, washed, disinfected and covered dipping was packed in tubs of polyethylene's ptereftalato (PET) and stored under commercial refrigeration conditions, ($3\pm 1^{\circ}\text{C}$, $75\pm 5\%\text{RH}$) for 13 days. With the aim of standardize the coatings mixtures were prepared, preliminarily evaluated as edible films (PC) by determining solubility, swelling, water vapor permeability (PVW), thickness and transparency. The PVW evidenced low barrier to water vapor due to hidroficidad of the matrix components, the PC was highly water soluble and highly swelling despite having not disintegrated. Overall was evident that the fruits coated with RC-CM and RC-CC showed an increase in pH, titratable acidity and total soluble solids, due to the advancement of ripening; inhibited the growth of molds, yeasts and mesophilic, reduced leaching losses and maintained the organoleptic and functional quality.

Keywords: fruit perishable multicomponent matrix, hydrocolloids, quality, shelf life

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. MARCO DE REFERENCIA PELICULAS BIODEGRADABLES Y RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES	24
1.1.IMPORTANCIA DE LAS PELÍCULAS BIODEGRADABLES Y RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES	24
1.2.CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LAS PELÍCULAS BIODEGRADABLES Y RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES	25
1.3.COMPONENTES DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES Y RECUBRIMIENTOS BIODEGRADABLES	27
1.3.1.Polisacáridos	27
1.3.1.1. Goma Gellan	28
1.3.2.Proteínas	29
1.3.2.1.Caseína	30
1.3.2.2. Gelatina	30
1.3.3.Plastificantes	31
1.3.3.1. Glicerol	32
1.3.4. Sustancias Antifúngicas y Compuestos de Enriquecimiento Funcional	32
1.3.4.1. Natamicina	33
1.4.FORMACIÓN DE PELICULAS	36
1.5.IMPLEMENTACION DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES Y RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES	37
1.6.MÉTODOS DE APLICACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES	48
1.7. APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN PRODUCTOS FRESCOS COMO LA MORA DE CASTILLA	39

2.METODOLOGIA DE UN RECUBRIMIENTO MULTICOMPONENTE APLICADO A MORA DE CASTILLA	43
2.1.ETAPAS GENERALES	43
2.2.OBTENCIÓN DE PELÍCULAS COMESTIBLES MULTICOMPONENTE A BASE DE GOMA GELLAN, CASEINA Y GELATINA	44
2.2.1. Formulación y Preparación de Emulsiones Formadoras de las Películas	45
2.2.2. Obtención de las Películas	46
2.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS PELÍCULAS COMESTIBLES MULTICOMPONENTE	47
2.3.1. Espesor	47
2.3.2. Hinchamiento	47
2.3.3. Solubilidad	48
2.3.4. Permeabilidad al Vapor de Agua	49
2.3.5. Transparencia	49
2.4. APLICACION Y EVALUACION DE DOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES MULTICOMPONENTE SOBRE FRUTOS DE MORA DE CASTILLA	50
2.4.1. Preparación de las Soluciones de Recubrimientos	50
2.4.2. Aplicación del Recubrimiento	51
2.5. EVALUACION DE CALIDAD DE FRUTOS DE MORA RECUBIERTOS CON LA MATRIZ MULTICOMPONENTE	52
2.5.1.Parámetros Físicoquímicos	52
2.5.1.1. Sólidos Solubles Totales	52
2.5.1.2. pH	53
2.5.1.3. Acidez Total Titulable	53
2.5.1.4. Pérdida de Peso	54
2.5.2. Parámetros Colorimétricos	54
2.5.2.1. Índice de Color	54
2.5.3. Parámetros Funcionales	55
2.5.3.1. Capacidad Antioxidante Total	55

2.5.3.2. Fenoles Totales	56
2.5.3.3. Antocianos Monoméricos Totales	56
2.5.4. Parámetros Microbiológicos	57
2.5.5. Análisis Estadístico	57
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
3.1. OBTENCION DE PELICULAS COMESTIBLES MULTICOMPONENTE A BASE DE GOMA GELLAN, CASEINA Y GELATINA	58
3.2. FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN DE EMULSIONES FORMADORAS DE LAS PELÍCULAS	59
3.3. CARACTERIZACION DE LAS PELICULAS COMESTIBLES MULTICOMPONENTE	61
3.3.1. Espesor	61
3.3.2. Hinchamiento	62
3.3.3. Solubilidad	64
3.3.4. Permeabilidad al Vapor de Agua	65
3.3.5. Transparencia	67
3.4. EVALUACIÓN DE CALIDAD EN FRUTOS DE MORA RECUBIERTOS CON LA MATRIZ MULTICOMPONENTE	68
3.4.1. Parámetros Fisicoquímicos	68
3.4.1.1. Sólidos Solubles Totales	68
3.4.1.2. pH	69
3.4.1.3. Acidez Titulable	69
3.4.1.4. Pérdida de Peso	70
3.4.2. Parámetros Colorimétricos	72
3.4.2.1. Índice de Color	72
3.4.3. Parámetros Funcionales	74
3.4.3.1. Capacidad Antioxidante Total	74
3.4.3.2. Fenoles Totales	76
3.4.3.3. Antocianos Monomericos Totales	78
3.4.4. Parámetros Microbiológicos	80

4. CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXOS	113

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Propiedades de películas y recubrimientos comestibles	26
Tabla 2. Ventajas y desventajas, de los componentes de películas y recubrimientos comestibles	35
Tabla 3. Requisitos de sólidos solubles totales y de acidez titulable según la tabla de color de la mora de castilla.	40
Tabla 4. Concentraciones de los componentes formadores de las películas comestibles.	45
Tabla 5. Componentes de los dos recubrimientos comestibles	50
Tabla 6. Propiedades de los compuestos hidrocoloides.	58
Tabla 7. Formulaciones preliminares de las películas comestibles en estudio	59
Tabla 8. Componentes y condiciones de elaboración de las películas comestibles a evaluar PC-CM y PC-CC.	61
Tabla 9. Espesores de las películas a base de PC-CM y PC-CC	62
Tabla 10. Variables para el análisis del índice de hinchamiento de las películas comestibles a base de PC-CM Y PC-CC	63
Tabla 11. Transparencia en PC-CM y PC-CC	67
Tabla 12. Evaluación de la calidad de los parámetros fisicoquímicos SST, pH, %ATT y %PP en frutos de mora recubiertos con RC-CM, RC-CC y su	69

respectivo blanco

Tabla 13. Valores de las absorbancias a diferentes pH para los extractos de la mora de castilla con recubrimiento a base de RC-CM y RC-CC y el blanco

Tabla 14. Recuento microbiano en moras sin recubrir BLANCO y recubiertas con RC-CM y RC-CC, almacenadas a $3\pm 1^{\circ}\text{C}$, $75\pm 5\% \text{HR}$ durante 13 días.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Etapas generales de la investigación 44
- Figura 2.** Índice de Hinchamiento en películas comestibles con PC-CM y PC-CC 64
- Figura 3.** Solubilidad de las dos formulaciones de películas comestibles, PC-CM y PC-CC. 65
- Figura 4.** Permeabilidad al vapor de agua (PVW) de las películas formadas con PC-CM y PC-CC, para un gradiente de $75 \pm 0,2/100$ %HR y 25°C de temperatura. 67
- Figura 5.** Comportamiento de la valoración fisicoquímica en la calidad de frutos de mora recubiertos con RC-CM y RC-CC y su testigo, empacadas en atmósfera modificada pasiva y almacenada bajo condiciones de refrigeración. 71
- Figura 6.** Evolución de los parámetros de color *L(a), *a (b), *b (c) y ΔE (d) de los diferentes tratamientos (blanco, RC-CM y RC-CC) durante los 13 días de almacenamiento a 3°C. 73
- Figura 7.** Efecto del tiempo de almacenamiento, sobre la actividad antioxidante en la mora de castilla con recubrimiento a base de RC-CM y RC-CC y el BLANCO 75
- Figura 8.** Efecto del tiempo de almacenamiento, sobre el contenido de compuestos fenólicos en la mora de castilla con recubrimiento a base de RC-CM y RC-CC y el BLANCO 76

Figura 9. Efecto del tiempo de almacenamiento, sobre el contenido de 79
antocianos monoméricos totales en la mora de castilla con recubrimiento a
base de RC-CM y RC-CC y el BLANCO

Figura 10 Recuento microbiológico (hongos, levaduras y microorganismos 82
mesófilos) de BLANCO, RC-CM Y RC-CC durante el período de
almacenamiento.

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Recopilación de información	113
ANEXO B. Protocolo elaboración de recubrimiento comestible	136
ANEXO C. Protocolo para la prueba de solubilidad	137
ANEXO D. Protocolo permeabilidad al vapor de agua	139
ANEXO E. Preparación de los reactivos empleados en las pruebas funcionales	142
ANEXO F. Espesores de películas comestibles a base de PC-CM y PC-CC	143
ANEXO G. Análisis estadístico del espesor PC-CC y PC-CM	144
ANEXO H. Contenido de agua y solubilidad en agua de las dos formulaciones de películas comestibles, PC-CM y PC-CC.	145
ANEXO I. Análisis estadístico del comportamiento de la solubilidad de PC-CC y PC-CM	145
ANEXO J. Valores de la permeabilidad al vapor de agua (PWA) de PC-CM y PC-CC, para un gradiente de $75 \pm 0,2/100$ %hr y 25°C de temperatura.	146
ANEXO K. Análisis estadístico del comportamiento de la permeabilidad de PC-CC y PC-CM	146
ANEXO L. Análisis estadístico del comportamiento de la transparencia de PC-CC y PC-CM, según método Heng	147
ANEXO M. Análisis estadístico del comportamiento de la transparencia de	147

PC-CC y PC-CM, según método Choi & Han

ANEXO N. Análisis estadístico del comportamiento de la valoración 148
físicoquímica en la calidad de frutos de mora recubiertos con RC-CM y RC-
CC y su testigo, empacadas en atmósfera modificada pasiva y
almacenadas bajo condiciones de refrigeración.

ANEXO Ñ. Análisis estadístico de la evolución de los valores de los 149
parámetros de color *L(A), *a (B), *b (C) y ΔE (D) de los diferentes
tratamientos (BLANCO, RC-CM Y RC-CC) durante los 13 días de
almacenamiento a 3°C.

ANEXO O. Curvas de calibraciones empleadas para la evaluación de la 151
capacidad antioxidante y fenoles totales.

ANEXO P. Análisis estadístico del comportamiento de compuestos 152
funcionales en mora de castilla recubierta con RC-CM y RC-CC.

ANEXO Q. Análisis estadístico del recuento microbiológico 153
(microorganismos Mesófilos, Hongos y Levaduras) de BLANCO, RC-CM y
RC-CC

INTRODUCCIÓN

El interés en el desarrollo, evaluación y empleo de empaques biodegradables a base de biopolímeros comestibles ha ido creciendo a nivel mundial debido a la necesidad de reducir y sustituir la utilización de plásticos y envases sintéticos, por materiales menos agresivos con el medio ambiente; que a la vez suplan las expectativas de consumidores y comercializadores frente a la diversificación de productos frescos, mayor vida útil y expansión de canales de distribución (Yang & Paulson, 2000; Diab, Biliaderis, Gerasopoulos & Sfakiotakis, 2001; Lee, Shim & Lee, 2004). Por ello, las películas y recubrimientos resultan ser una forma innovadora y efectiva de proteger productos perecederos como las frutas, reduciendo en algunos casos el uso de envases no recuperables (Soliva & Martín, 2001) manteniendo la calidad de poscosecha. Por lo tanto, la investigación en tecnologías innovadoras, accequibles a comercializadores y productores colombianos se ha constituido en elemento básico de desarrollo, si se tiene en cuenta la transformación de mercados, el incremento en la demanda de calidad a nivel comercial, la obligación social de reducir pérdidas y prolongar la corta vida poscosecha de los productos para atender la seguridad alimentaria del entorno regional sin dejar de lado el mejoramiento de ingresos de los productores.

Para el caso particular de la mora de castilla producida en el Departamento del Tolima, la implementación de estas nuevas técnicas de conservación, resultan de gran utilidad en los eslabones finales de la cadena especialmente, en los cuales se evidencia serias deficiencias de manejo en recolección, poscosecha y comercialización generando un permanente deterioro de calidad que afecta a productores y consumidores, si se tiene en cuenta la reducción de ingresos por lixiviados, el cambio estructural del producto, la presencia de hongos y en general la mala apariencia y deterioro de sabor por fermentación que se evidencia en la mayoría de los puntos de venta. Situación que presume la necesidad de establecer alternativas tecnológicas correctivas, frente a lo cual la disponibilidad de recubrimientos comestibles y atmosferas modificadas,

considerados viables técnica y económicamente en investigaciones precedentes, se permite considerar su evaluación y aceptación en la mora de castilla producida en el Cañón del Combeima, por más de 200 familias que dependen de su comercialización a nivel local (Bohórquez & Valenzuela, 2003).

Es por esta razón que se desea realizar esta investigación con el objetivo de elaborar y caracterizar biopolímeros basados en multicomponentes y establecer su efecto como recubrimiento comestible (RC) en la vida poscosecha y calidad de frutos de mora de castilla (*Rubus glaucus Benth*) almacenados en refrigeración. Para lo cual es necesario analizar las propiedades físico-mecánicas de películas comestibles elaboradas a base de goma gellan, caseína, gelatina y natamicina, empleando glicerol como agente plastificante y aceite de canola como agente funcional, para ello se determinaran metodologías establecidas en cuanto a la evaluación del espesor, transparencia, permeabilidad, solubilidad e hinchamiento y así poder establecer las propiedades de barrera de las mejores matrices (PC) elaboradas, para luego evaluar el efecto de los 2 mejores recubrimientos (RC) sobre la cinética de deterioro microbiológico, fisicoquímico y bioactivo de mora de castilla almacenada bajo condiciones de refrigeración, determinando el contenido de microorganismos mesófilos aerobios totales, Coliformes totales, E. coli, mohos y levaduras; sólidos solubles totales, pH, acidez titulable, porcentaje de pérdida de peso, índice de color y determinación de la actividad antioxidante, fenoles y antocianos monoméricos totales respectivamente.

En tal sentido, se podrá realizar una socialización de resultados a productores y comercializadores especializados se espera genere resultados positivos en relación al manejo, precio, calidad y conservación en anaquel de la fruta, así como una nueva estrategia de negociación entre productores y comercializadores.

1. MARCO DE REFERENCIA PELICULAS BIODEGRADABLES Y RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

1.1. IMPORTANCIA DE LAS PELÍCULAS BIODEGRADABLES Y RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

La creciente demanda de alimentos naturales que conserven sus propiedades organolépticas, ha fomentado el mejoramiento de procesos industriales que aseguren mayor vida útil de los productos perecederos (Soliva & Martín, 2001). Tal es el caso de los recubrimientos comestibles que han ido evolucionando desde su empleo en China entre los siglos XII y XIII con la aplicación de cera a naranjas y limas para retardar la pérdida de agua (Kaplan, 1986; Fennema & Greener, 1994), el empleo en el siglo XV de envolturas a base de leche de soja hervida (Gennadios, Weller, Testin, 1993), la aplicación en el siglo XVI de recubrimientos a base de manteca para prevenir la pérdida de humedad de la carne (Fennema & Kester, 1986), el empleo de gelatina en el siglo XIX para mejorar la calidad de la carne durante el almacenamiento (Contreras-Medellín & Labuza, 1981), la aplicación de parafinas en cítricos (Nussinovitch & Lurie, 1995), y en la década de los cincuenta la utilización de emulsiones a base de aceites y ceras en agua para optimizar la apariencia de frutas, sirviendo como vehículo de fungicidas y retrasando la pérdida de agua (Kester & Fennema, 1986).

Sin duda, estos materiales biodegradables que se localizan en la superficie del alimento como una fina capa entre algunos componentes dentro del producto crean una barrera protectora selectiva a los gases (Ayranci & Tunc, 2001) ha permitido disminuir la interacción entre el alimento y el medio que le rodea, reducir la pérdida o ganancia de humedad, regular oxidaciones y/o contaminaciones microbianas (Aguilar, Cruz, Espinoza., Ramírez, Sánchez & San Martín, 2012), mejorar las propiedades mecánicas y controlar la pérdida de sabores y aromas volátiles en muchos alimentos, lo cual representa una alternativa importante para alargar la vida en anaquel y mantener las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de los alimentos (Soliva & Martín,

2001). Por su diversidad de funciones, presentación y efectos sobre el producto, estos materiales ecológicamente amigables con el medio ambiente han sido definidos como: Película comestible (PC). Capa delgada preformada o incorporada de forma directa sobre la superficie de los productos vegetales como una envoltura protectora (Del Valle, Hernández, Guarda & Galotto, 2005.; Bravin, Peressini & Sensidoni, 2006), para ser ingerida o no por el consumidor y según Guilbert (1986) debe ser formada con anterioridad para ser posteriormente aplicada sobre el producto o empaque.

Recubrimiento comestible (RC) se define como una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora de recubrimiento (Ramos, Bautista, Barrera, 2010), con la intención de protegerlo o mejorarlo. En ambos casos, son matrices continuas formuladas a base de lípidos, proteínas o carbohidratos o mezclas de estos componentes, que les confieren diferentes propiedades fisicoquímicas, mecánicas y de barrera (Ramos, et al., 2010). Su sabor debe ser inapreciable por el consumidor o compatible con el alimento al que protegen (Biquet & Labuza, 1988).

1.2. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LAS PELÍCULAS BIODEGRADABLES Y RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

Resultados obtenidos en múltiples estudios indican que la finalidad de las películas comestibles no solo es actuar como una barrera para mejorar la calidad organoléptica del alimento y aumentar su tiempo de conservación sino mejorar atributos nutricionales y funcionales en productos frescos y envasados, según Guilbert, Gontard y Gorris, (1996), estos materiales son altamente biodegradables, pueden ser ingeridos, tienen bajo costo, disminuyen contaminación ambiental, mejoran o mantienen la calidad; además de constituirse en una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua (Krochta & Mulder, 1997); generar una barrera a la transferencia de gases desde la atmósfera circundante y en la interface fruto-recubrimiento; forman una estructura de soporte que protege de daños físicos al producto, mejoran las propiedades mecánicas y de manejo de los alimentos (Mellenthin, Chen & Borgic, 1982), proteger los alimentos

del crecimiento microbiano superficial y de cambios químicos inducidos por acción de la luz, y oxidación de nutrientes (Kester & Fennema, 1986); (Lin & Zhao, 2007); actuar como matriz de encapsulación de ingredientes funcionales (Rojas, Soliva & Martin, 2009; Tapia, Rojas, Carmona, Rodríguez, Soliva & Martin, 2007) reducir la producción de etileno, regular la maduración y aumentar la luminosidad (Oms, Soliva & Martín, 2008; Pastor, 2010); atenuar la exudación de antocianinas, controlar cambios de color (Percival, Crowe, Stevens & Laughlin, 2000); inhibir el crecimiento de mesófilos aeróbicos, hongos y levaduras (Rojas, Soliva & Martin, 2009) entre otros.

Según Kester y Fennema (1986) los recubrimientos comestibles deben presentar ciertos requerimientos funcionales que permitan controlar o aminorar las causas de alteración de los alimentos a recubrir. Para lograr esto es indispensable una adecuada elección de materiales a utilizar, condiciones de formación, tipo de plastificante, naturaleza del disolvente, velocidad de evaporación del disolvente, y espesor, entre otras (Guilbert, 1986), ya que sus propiedades de permeabilidad al vapor de agua, al intercambio gaseoso, así como su solubilidad en agua, hinchamiento, color, transparencia y brillo, están ligadas a la naturaleza de sus componentes, composición y estructura final. Un RC o PC deben ser en primera instancia de fácil elaboración y económicamente viable; al igual que debe cumplir con las características plasmadas en la Tabla 1 (Biquet & Labuza, 1988; Kester & Fennema, 1986; Pavlath & Orts, 2009; Pastor, 2010; Murillo, 2008.; Torres, 1994; El Ghaouth, Arul, Ponnampalam, & Boulet, 1991):

Tabla 1. Propiedades de películas y recubrimientos comestibles

<p>PROPIEDADES SENSORIALES</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ser transparentes y no ser detectados durante su consumo. - Libres de tóxicos. - Mantener y/o mejorar el aspecto y los atributos sensoriales del producto. - Prevenir la pérdida o ganancia de componentes que afecten las características nutricionales y organolépticas del alimento.
---------------------------------------	--

<p>PROPIEDADES BARRERA</p>	<p>DE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Buena adhesión a la superficie del alimento. - Baja permeabilidad al vapor de agua y solutos. - Retardar la transferencia de gases (O₂, CO₂, C₂H₂) controlando la respiración, maduración y la oxidación compuestos contenidos en el alimento. - Semipermeable para mantener el equilibrio interno de gases
<p>PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar oxidación de los alimentos. - Retener compuestos volátiles. - Proporcionar estabilidad estructural y prevenir daños mecánicos durante la manipulación. - Ser vehículos para la incorporación de aditivos.
<p>PROPIEDADES ANTIMICROBIANAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionar una superficie microbiológicamente estable contra la contaminación, infestación, proliferación microbiana y otros tipos de deterioro durante el almacenamiento

1.3. COMPONENTES DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES Y RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

1.3.1. Polisacáridos: Los polisacáridos son polímeros de cadena larga en forma lineal o ramificada (Ruiz, 2004) que se forman de la unión de varios monosacáridos los cuales son ampliamente utilizados en la industria alimentaria, entre otros usos. Algunos de los polisacraidos más usados para la elaboración de recubrimientos y películas comestibles, son los almidones naturales y modificados, las gomas, los agares, los alginatos, el quitosano, las pectinas, la celuosa. Las películas obtenidas a partir de estos compuestos son fuertes, transparentes y no se ven afectadas por sustancias lipídicas. Entre otras ventajas de las películas y recubrimientos a base de polisacáridos se pueden mencionar que no son grasosos, son películas de bajas calorías y se emplean para extender la vida de anaquel de frutas y hortalizas sin riesgo de desarrollar condiciones de anaerobiosis, por lo que su aplicación en la agricultura se ha vuelto popular debido a sus propiedades para modificar la atmósfera interna de una manera similar a una atmosfera modificada pasiva (Nisperos-Carriedo, 1994). Por su naturaleza hidrofílica, los polisacaridos permiten que las películas comestibles

elaboradas a partir de ellos sean solubles en agua y presenten pobres barreras frente al vapor de agua (Kester & Fennema, 1986; Gennadios, Hanna & Kurth, 1997).

1.3.1.1. Goma Gellan: La goma gellan es un tetrasacárido lineal, cuya composición se centra en 60% glucosa, 20% ramnosa y 20% ácido glucurónico (Jansson, Lindeberg, & Sandford, 1983), según su proceso de obtención se pueden obtener dos tipos de goma una de bajo acilo (nombre genérico de los radicales de los ácidos orgánicos), cuya forma desacilada, forma geles en el rango de 30 a 50 °C, duros, quebradizos y no elásticos; el otro tipo de goma es rica en grupos acilos que forman geles en torno a 70°C que pueden ser altamente elásticos y con baja dureza, ideal para la formación de películas comestibles (Chandrasekaran, & Radha, 1995;. Bertoni, Barbani & Giusti, 2006.; Arsenio, Fialho, Leonilde, Moreira & Granja, 2008.).

Este polisacárido es producido por *Sphingomonas elodea* (Kang, Veeder, Mirrasoul, Kaneko & Cottrell, 1982) y fue aprobado para uso alimentario por la FDA en 1992 (Pszczola, 1993). Su auge en la industria alimentaria como agente gelificante, espesante, estabilizante y formador de películas (Morris, Nishinari, & Rinaudo, 2012) hace que se constituya en un hidrocoloide multifuncional. (Yang & Paulson. 2000). Es efectivo en concentraciones muy bajas, no enmascara el sabor, ofrece amplia gama de texturas, es estable en un amplio intervalo de pH (3 – 13) y su viscosidad se mantiene hasta los 90°C. Una característica de su uso es disminuir la tendencia a la sinéresis lo que permitiría extender la vida útil de ciertos alimentos y reducir la contaminación ambiental. Según Tapia et al., (2007) las películas obtenidas con la goma gellan presentan mejor protección contra el vapor de agua con respecto a las de alginato de sodio, en este estudio al agregar aceite de girasol al 0.05% a películas formuladas con 0.5% goma gellan y 1% glicerol, la permeabilidad al vapor de agua disminuyó de $0.26 \times 10^{-9} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ a $0.20 \times 10^{-11} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$. Además indica el potencial de recubrimientos comestibles a base de gellan y alginato, como vehículos para la fortificación de frutas con vitamina C y otros nutrientes como los ácidos grasos omega-3 y ácido fólico. En el año 2012, Azarakhsh, Osman, Ghazali, Tan y Adzahan, observaron que los recubrimientos a base de alginato y goma gellan fueron efectivos

para controlar la pérdida de peso, para preservar la firmeza de la pulpa, y para disminuir la velocidad de la respiración en frutos de piñas recién cortadas.

1.3.2. Proteínas: Las proteínas son macromoléculas las cuales se constituyen a partir de 20 aminoácidos lo que les confiere un amplio abanico de propiedades funcionales, especialmente un elevado potencial de unión a nivel intermolecular (Bourtoom, 2009), proporcionándoles la capacidad de formar enlaces e interacciones mejores que las de los carbohidratos. Por ende las proteínas también son otro de los materiales que frecuentemente se emplean en la elaboración de películas y recubrimientos comestibles. Las hay de origen animal como colágeno, gelatina, proteínas miofibrilares de pescado, queratina, proteínas del huevo, caseína y aislado de suero de leche, o de origen vegetal, zeína de maíz, gluten de trigo, proteína de soya, proteína de cacahuate, entre otras (Krochta, 2002). Cada una de ellas le brinda a las películas y recubrimientos comestibles diferentes propiedades ya sean fisicoquímicas o mecánicas, dependiendo no solo del tipo, sino de la estructura molecular del compuesto activo de la proteína de elaboración (Ko, Janes, Hettiarachchy & Johnson, 2001), entre estas propiedades se pueden resaltar, barrera frente al O₂ y CO₂ (Cha & Chinann, 2004). Poseen entre 2 y 4 veces más permeabilidad al vapor de agua que empaques plásticos tales como el polipropileno, polietileno, poliéster y el PVC, pero son buenas formadoras de películas y se adhieren a las superficies hidrofílicas (Cho, Park & Rhee, 2002; Gennadios et al., 1997; Rendell, 1990). También proporcionan valor nutricional al producto debido a sus características y tienen la capacidad de actuar como antioxidantes naturales en las frutas.

1.3.2.1. Caseína: forma películas en soluciones acuosas debido a su estructura desordenada y a la capacidad para formar gran número de puentes de hidrógeno, interacciones y puentes hidrofóbicos (Requena, Agüera & Requena, 2007) Las películas preparadas con caseína tienen un aspecto ligeramente lechoso debido a la presencia de micelas de caseína intactas (Tomasula, Parris, Yee & Coffin, 1998). Y en algunos casos en la superficie de la película tienen una apariencia texturizada, debido a la separación de fases localizada durante el secado de película.

Según De la Sotta, Becerra y Paz, (2009) la caseína, evidencia dos desventajas importantes frente a otros biomateriales a base de proteínas, poseer limitadas propiedades mecánicas y tener poca resistencia al agua, por lo cual se recomienda la adición de plastificantes como el glicerol que permitan mejorar la elasticidad y la flexibilidad de sus películas (Chen, 2002). En los estudios hechos por Bonilla, Atarés, Vargas, y Chiralt (2012) se observó que películas comestibles de caseinato de sodio fueron barreras a la oxidación lipídica muy efectivas y permeables al vapor de agua, lo que coincide con el carácter hidrofílico de la proteína. Más allá del control de la pérdida de humedad, las películas comestibles evaluadas por Avena y Krochta (1993) tienen un potencial para el control de oxígeno, etileno y dióxido de carbono contenido en la fruta y tejidos vegetales, lo que reduce la respiración del producto y podría extender la vida útil del producto

1.3.2.2. Gelatina: La gelatina se obtiene a partir del colágeno, mediante hidrólisis ácida o alcalina (Johnston, 1990), ya sea por temperatura o mediante un tratamiento con ácidos o bases fuertes, su estructura está compuesta por cadenas poli peptídicas, según Bourtoom, (2009) con alto contenido de aminoácidos. Esta proteína ha sido aplicada en diferentes actividades de la industria como la - gelificante (Hood, 1987), por lo tanto representa viabilidad como material formador de películas, por su abundancia, bajo costo y disponibilidad. Sus principales características son solubilidad en agua, habilidad para formar geles termorreversibles (Sobral & Habitante, 2001), aumentan su rigidez con el tiempo, reducen permeabilidad al oxígeno al igual que la difusión del vapor de agua y la migración de grasas (Krochta & De Mulder, 1997). Vale la pena resaltar que al igual que los demás materiales implementados en la elaboración de recubrimientos y películas comestibles las propiedades dependen del origen de la materia prima y que su punto de deterioro oscila entre los 27 a 32°C.

Según Aguilar-Méndez et al., (2012) las mejores propiedades de resistencia a la ruptura en películas de gelatina y carboxilmetilcelulosa en frutos de aguacate, se pueden obtener bajo condiciones de 0.92% de glicerol y un pH de 8.8. Trejoz, Ramos y

Pérez, (2007) indicó que se logró retrasar la senescencia del fruto de fresa, mediante la modificación de la atmósfera que lo rodea a través de la aplicación de una película comestible que actúo como barrera al oxígeno y la humedad, evitando la pérdida de firmeza en 70% y peso en 50%, mejorando así la calidad durante su vida en poscosecha.

1.3.3. Plastificantes: Según Ruiz, (2004) los plastificantes son sustancias de bajo peso molecular que son incorporadas dentro de la matriz polimérica para incrementar la flexibilidad de la cubierta, la dureza y funcionamiento, disminuyendo la formación de escamas y grietas en la superficie de las películas comestibles. Entre los más comunes están glicerol, sorbitol, manitol, sacarosa, entre otros, cuya función es debilitar las fuerzas moleculares entre cadenas de polímeros adyacentes, mejorando las propiedades mecánicas de las películas y recubrimientos (Kester & Fennema, 1986; Krochta, 2002). Actualmente, la mayoría de los recubrimientos formulados con polisacáridos como las gomas, son adicionados con glicerol, utilizándolo para garantizar mayor propiedad de barrera a la pérdida de agua, debido a su naturaleza hidrofílica (Rojas, et al. 2007.; Raybaudi, Mosqueda & Martín, 2008). Sin embargo, existe la posibilidad que los resultados no sean los esperados debido a un incremento en la opacidad de las películas y recubrimientos resultantes. Según (Chambi & Grosso, 2011) la opacidad de películas formuladas con metilcelulosa, glucomanan y pectina en proporción 1/4/1, presentaron un aumento en opacidad del 3% al adicionar éster de sacarosa como plastificante.

1.3.3.1. Glicerol: El glicerol es uno de los plastificantes que más se emplea en la elaboración tanto de recubrimientos como de películas comestibles debido a los resultados obtenidos durante el estudio y evaluación. Según Ruiz (2004), es un plastificante hidrófilo que también actúa como agente humectante y cuando se añade en el nivel correcto con respecto al contenido de biopolímero puede reducir las fuerzas intermoleculares y aumentar la movilidad de las cadenas de polímero, un proceso general utilizado para mejorar las propiedades mecánicas de películas comestibles (Ghasemlou, Khodaiyan, Oromiehie, & Yarmand, 2011).

En su estudio, Siew, Heilmann, Easteal, y Cooney, (1999) observaron el efecto del plastificante en la capacidad de formar puentes de hidrógeno, encontrando que el glicerol y el polietilenglicol forman películas con excelentes propiedades tensiles. En cuanto a los atributos sensoriales, los recubrimientos a base de proteína de suero, gelan y glicerol, han mostrado mantener efectivamente color, firmeza, brillo y la aceptabilidad de manzanas recubiertas durante el almacenamiento; por otro lado la adición de glicerol, Tween 80 y cera a películas comestibles, disminuyen la permeabilidad al vapor agua y mejoran las propiedades mecánicas como elongación, fuerza de tensión y modulo elástico (Miranda, Cárdenas, López & Lara, 2003).

En el año 2003, Bozdemir y Tutas, compararon los valores de permeabilidad al vapor de agua de películas de goma de algarrobo, utilizando glicerol en diferentes concentraciones. Para todos los sistemas, al aumentar la concentración de plastificante aumentó la permeabilidad al vapor de agua, de esta forma, las películas con 0.4% de glicerol mostraron valores de $4 \times 10^{-11} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ de permeabilidad al vapor de agua, mientras que con las que contenían 1.6% de glicerol se obtuvieron valores de $6 \times 10^{-11} \text{ g m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$.

1.3.4. Sustancias Antifúngicas y Compuestos de Enriquecimiento Funcional: Estos componentes permiten que el recubrimiento adquiera una actividad antimicrobiana y fungicida estas actividades son asociadas al contenido de fenoles monoterpénicos permitiendo así mejorar la preservación de los alimentos. Los últimos estudios enfocados a esta temática y su composición tienen gran relevancia en el campo industrial, debido a los grandes beneficios dentro del marco antibacteriano en especial aquellos que son extraídos de materias primas cítricas y de especias como el de tomillo (*Thymus vulgari* L.), orégano (*Origanum vulgare* L.) y clavo (*Eugenia caryophyllata* Thunb). Estos resultados obtenidos motivan mucho más al estudio de estas sustancias puesto que se sabe que son de mucha importancia en el área farmacéutica y en la industria alimenticia principalmente. En la actualidad, varios autores han utilizado los aceites esenciales como aditivos en las formulaciones de sus recubrimientos como

Rojas et al. (2007), citado en Ramos et al. (2010), reportó que en recubrimientos a base de puré de manzana, alginato, glicerol y aceite esencial de orégano en trozos de mango, disminuyó el desarrollo de *Listeria innocua*, hasta un 50% más que en los que no fueron tratados.

1.3.4.1. Natamicina: Conocida también en algunos lugares como pomaricina, hace parte de un grupo de antibióticos los cuales se caracterizan por tener un gran anillo de lactona (Di Rico, 2006). Es un agente antifúngico natural producido por la bacteria *Streptomyces natelensis* y es utilizada en la industria alimentaria por su amplio espectro antimicrobiano contra levaduras y mohos; pero no tiene ningún efecto sobre las bacterias. (Chen, Lu & Du. 2008; Welscher, Napel, Balagué, Souza, Riezman & Kruijff, 2008). La natamicina, ha sido aprobada por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) como aditivo para la alimentación y clasificada como GRAS (generalmente considerado como seguro), también fue asignado como un conservante natural de la Unión Europea (Ture, Ero, Ozen & Soyer, 2008). Entre los beneficios que tiene el uso de la natamicina podemos encontrar que aparte de controlar la degradación en alimentos debido a mohos y levaduras, también reduce riesgos de micotoxinas, crecimiento y aumento del tiempo de la vida útil del producto, sin ningún efecto en el sabor o la apariencia (Delves, Thomas & Williams, 2006). No obstante, debido al gran peso molecular y la estructura de doble enlace conjugado, la natamicina tiene muy baja solubilidad en agua (0,052 mg / ml (Oliveira, Soares, Pereira & Fraga, 2007). Con respecto a su concentración se ha reportado que la natamicina se utiliza a concentraciones entre 1 y 20 ppm. Según Krause, Altenhofe y Guenter, (2012) la incorporación de la natamicina como agente antimicrobiano permitió disminuir la resistencia a la tracción, el aumento de solubilidad, permeabilidad al vapor de agua y la opacidad de películas comestibles.

En general las películas comestibles con mezclas de componentes tienen por finalidad complementarse y aumentar su capacidad protectora. Los polisacáridos y proteínas, son buenos materiales para la formación de películas y recubrimientos comestibles, ya que presentan excelentes propiedades mecánicas y estructurales, además le confieren propiedades de barrera a gases y debido a su naturaleza

hidrofílica, facilita la adhesión a superficies de este tipo, esta misma circunstancia evidencia su principal desventaja que es la baja resistencia que presenta al vapor de agua. En la Tabla 2 se resume la aplicación, ventajas y desventajas, de los componentes de películas y recubrimientos comestibles.

Tabla 2. Ventajas y desventajas, de los componentes de películas y recubrimientos comestibles

	TIPOS	USO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	RANGO DE CONCENTRACION
PROTEINAS	Caseína Zeína Soya Albumina Lactoalbumina Suero de leche Colágeno	Industria alimentaria RC y PC en Frutas y verduras carnes	Adherencia a superficies hidrofílicas Barrera a gases Vehículo para antioxidantes Valor nutricional para el producto	Baja resistencia al vapor de agua Sensibilidad a cambios de pH	0,25% - 2% w/v
POLISACARIDOS	Celulosa Pectina Almidón Alginato Quitosa Carragenina Gomas	Industria alimentaria RC y PC en Frutas y verduras	Barrera a gases Adherencia al producto Flexibilidad Resistencia Color Soluble en agua Bajo costo Evitar la rancidez oxidativa Oscurecimiento superficial	Baja resistencia al vapor de agua	0,5 %-5% w/v
LIPIDOS	Cera de carnauba, de abejas, de candelilla, ácidos grasos, aceite mineral, aceite vegetal, resinas de laca, terpenos	Industria alimentaria RC y PC en Frutas y verduras	Reducir deshidratación, transpiración y abrasión en la manipulación Mejorar el brillo Resistencia al vapor de agua y a gases	Apariencia Superficies grasosas, Sabores desagradables Poca capacidad para formar recubrimientos	0,025%- 5%
PLASTIFICANTES	Glicerol Sorbitol Manitol Sacarosa	Industria alimentaria RC y PC en Frutas y verduras	Incrementar la flexibilidad de la cubierta Disminuir la formación de grietas en PC	Disminuir la capacidad de barrera a humedad, oxígeno y aromas	0,3%-2,5% w/v

1.4. FORMACIÓN DE PELÍCULAS

La formación de emulsiones se lleva a cabo mediante el proceso de homogenización, en el cual se mezclan dos sustancias inmiscibles en una mediante agitación mecánica. Las emulsiones a pesar de ser sistemas termodinámicamente inestables, pueden formar emulsiones cinéticamente estables por incorporación de agentes emulsificantes y/o espesantes, agregados previamente al proceso de homogenización. Los emulsificantes son moléculas superficialmente activas, es decir, que se adsorben en la superficie de las gotas, formando una membrana protectora que evita la coalescencia de las gotas (Murillo, 2011). Por lo general son moléculas anfílicas (Bósquez, 2003). La mayoría de las proteínas y algunos polisacáridos pueden actuar como agentes emulsificantes poliméricos y estas macromoléculas pueden actuar también como estabilizantes debido a sus propiedades funcionales (Dickinson, 1993; Stauffer, 1999).

Según Murillo, (2011) Las proteínas pueden ser superficies activas debido a la existencia de residuos de aminoácidos hidrofóbicos en su estructura tales como el triptófano, la fenilalanina, leucina e isoleucina. Los grupos hidrófobos de las proteínas penetran dentro de la gota de aceite mientras que la porción hidrofílica de la cadena se extiende dentro de la fase acuosa. Es decir, la carga de las proteínas puede estabilizar las emulsiones debido a la repulsión entre las gotas cargadas. La formación de una PC presenta los procesos, que se explican a continuación:

Eliminación del solvente: Los componentes principales de la película se dispersan en un solvente que posteriormente se elimina en un proceso de secado, donde la temperatura y el tiempo influyen en la cristalinidad resultante y en las propiedades mecánicas. (Krochta, Baldwin & Nisperos,. 1994).

Gelatinización o coagulación térmica: es implementado cuando las películas son hechas de proteínas, ya que emplea el calor para poder desnaturalizarla, generando así una estructura tridimensional es decir un gel, posterior a esto el solvente se elimina por evaporación (Osés, 2006).

Solidificación de la mezcla: se emplea cuando los lípidos son los empleados en la elaboración del RC o PC, el cual consiste en la solidificación de la masa que ha sido fundida. En este caso la tasa de enfriamiento influye en estado polimórfico predominante, muy importante, pues de éste dependen las resistencias a las permeabilidades de oxígeno y vapor de agua; así como en el grado de recristalización de la película solidificada. (Krochta et al., 1994).

Coacervación: es el cambio de estado del polímero que se emplea en la formulación; existen dos clases simple y compleja. En la simple en la que se forma la película a partir de un cambio de fase o precipitación de un hidrocoloide ya sea por modificación del pH, su carga eléctrica o por un disolvente. En la compleja, cuando dos soluciones presentan cargas opuestas, se combinan ocasionando la interacción y la precipitación de la mezcla de polímeros.

1.5. IMPLEMENTACIÓN DE PELÍCULAS Y RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

Los RC han sido aplicados a productos alimentarios, en su mayoría a los productos muy perecederos ya que permiten una conservación más larga y una mejora a la calidad, tanto en frutas como en otros alimentos; la comercialización de estos alimentos perecederos se lleva a cabo en un período muy corto, pues son productos altamente susceptibles al deterioro causado por desórdenes fisiológicos y patológicos en poscosecha (Cáceres, Mulkay, Rodríguez, Paumier & Sisino. 2003; Sandoval, Forero & García, 2010). Esta conservación se puede lograr, implementando películas y recubrimientos comestibles en los alimentos, que reducen la pérdida de humedad y de cierta forma proporcionan una protección para ellos, además, adquieren un aspecto más agradable ya sea por el brillo o la atenuación de sus colores, según sean las características que se deseen mejorar o modificar; siempre y cuando tengan una aceptación sensorial, de manera general deben poseer propiedades mecánicas que garanticen la adecuada adhesividad a los alimentos y manipulación de ellos, sin deterioro de las mismas y, además, deben ser totalmente neutras con respecto al color, tacto y olor del alimento (Famá, Flores, Rojas, Goyanes & Gerschenson, 2004), es

decir que no se perciban diferencias significativas, con respecto al alimento sin recubrir a menos que sean para bien. Los recubrimientos más comunes son aquellos que se aplican a las frutas para sustituir la cera natural que se ha eliminado durante el lavado y cepillado de las mismas, procesos realizados con el fin de eliminar el polvo, la suciedad, las esporas de hongos y los pesticidas usados en el campo (Shellhammer & Krochta, 1997); dichas soluciones formadoras del recubrimiento pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de los mismos (Quintero, Falguera & Muñoz, 2010; Pastor, 2010) en su investigación menciona numerosos estudios de ejemplos de aplicación de RC a frutas y hortalizas tales como aguacate, espárrago, fresa, mango, manzana, pera, zanahoria, entre otros (Han, Zhao, Leonard & Traber, 2004; Fayaz, Balaji, Girilal, Kalaichelvan & Venkatesan, 2009; Saucedo, Rojas, Aguilera, Saenz, De la Garza, Jasso & Aguilar, 2009; Tzoumaki, Biliaderis & Vasilakakis, 2009; Lima, Cerqueira, Souza, Santos, Teixeira, Moreira & Vicente, 2010).

Si bien la implementación de PC y RC no permiten reemplazar totalmente los envases sintéticos, pero si generan nuevas posibilidades de manejo de los productos amigables con la salud y el ambiente. Una aplicación potencial de los recubrimientos comestibles a productos mínimamente procesados (MP), entendiéndose por producto MP aquel que ha recibido uno o varios tratamientos suaves en su acondicionamiento y preparación para el consumo y que mantiene una apariencia y calidad próximas al producto fresco, donde el hecho diferenciador clave reside en que el tejido permanece vivo (Pérez, 2003).

1.6. MÉTODOS DE APLICACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

Los métodos para recubrir alimentos como la inmersión y aspersion, son aplicados una vez se ha formado y enfriado la solución formadora, previamente a esto se recomienda que el producto este lavado, desinfectado y seco. Al recubrir un alimento se crean dos fuerzas, las adhesivas y las cohesivas, según Abraján, (2008); La adhesividad del recubrimiento sobre la superficie del producto depende principalmente de su naturaleza

y de las uniones entre el fruto y la película, es decir, de su afinidad y no del método de aplicación, aunque el uso de aditivos, como los tensoactivos, puede permitir una adhesión del recubrimiento sin tener afinidad a la superficie del producto que se desee recubrir. Por otro lado la cohesión está involucrada a la estructura del polímero, la interacción entre las diferentes moléculas, la temperatura, y en general a la técnica de aplicación.

La inmersión es el método más adecuado para productos con superficies irregulares que requieren un recubrimiento uniforme (Baldwin, Nisperos, Hagenmaier & Baker, 1997), se emplea tanto en frutas y verduras como en carnes, pescados y aves; el cual consiste en sumergir el alimento en la solución, por un tiempo variable, en función de la viscosidad y la temperatura, teniendo en cuenta que al sumergirlo este queda completamente mojado, seguido se deja escurrir y posteriormente pasa a un proceso de secado natural. En este método es necesario cambiar constantemente la solución, debido a que durante el proceso, hay un alto riesgo de contaminación por causa de microorganismos y otros agentes, que van quedando en la emulsión donde se introducen los alimentos.

La aspersión es el método más empleado en la aplicación de recubrimientos para alimentos, ya que es la técnica más adecuada cuando se pretende recubrir una sola cara del alimento, es decir para superficies lisas y uniformes (Marzo, 2010); con este procedimiento se consiguen recubrimientos más delgados y uniformes que los obtenidos por inmersión si se mantiene una presión adecuada (Tharanathan, 2003).

1.7. APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN PRODUCTOS FRESCOS COMO LA MORA DE CASTILLA

La mora de castilla *Rubus Glaucus* perteneciente a la familia de las rosaceae y al género *Rubus Spp*, es originaria de las zonas altas tropicales de América siendo cultivada en países como Ecuador, Colombia, Panamá, Salvador, Honduras, Guatemala, México y Estados Unidos (Franco & Giraldo, 2001) se considera uno de los

géneros con mayor número de especies en el reino vegetal debido a su diversidad. Su fruto considerado como baya no climatérica, se encuentra conformado por una agrupación de drupas unidas a un receptáculo en forma de cono de 1 a 2.5 cm de longitud; su color rojo oscuro en la madurez y púrpura (González, 2010). En Colombia la principal especie de mora es la *R. glaucus* de la cual se pueden encontrar 44 especies, de las cuales 24 están clasificadas y 9 son comestibles. (Cadena, Rodríguez, Franco & Gómez, 1999; Enciso & Gomez, 2004). Según Realpe, (2009), la mora puede adaptarse a altitudes entre los 1200 a 3500 m.s.n.m. generando los mayores rendimientos entre 1800 y 2400 m.s.n.m., siempre y cuando se cuente con buen drenaje, terrenos preferiblemente planos y suelo con buen contenido de materia orgánica.

De acuerdo a los estándares de calidad establecidos por el Instituto Colombiano de Normas técnicas y Certificación (ICONTEC), algunos parámetros fisicoquímicos de este fruto como sólidos solubles totales (SST) y porcentaje de acidez difieren por grado de madurez (Tabla 3) y en general su análisis bromatológico indica un bajo aporte de carbohidratos que contrasta con un buen contenido de vitamina C, fibra, calcio, fósforo y hierro (Galvis & herrera, 1995; Martínez, 2007)

Tabla 3. Requisitos de sólidos solubles totales y de acidez titulable según la tabla de color de la mora de castilla.

Parámetro	Color	0	1	2	3	4	5	6
°Brix	Mínimo	5,4	5,7	5,9	6,3	6,7	7,2	7
	Máximo	5,7	6,1	6,4	6,9	7,3	7,9	8,5
% Acido málico		3,3	3,4	3,5	3,4	3,1	2,8	2,5

Según cifras de las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVAS) del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, esta fruta registró, para el año 2011, 11.673 Ha de área cosechada, 94.303 Tn de volumen producción nacional, 8.079 Kg/Ha de rendimiento, con un porcentaje de pérdidas poscosecha de 60-70%, cifras que, según proyecciones del Plan Frutícola Nacional para el 2026, presentarán un incremento equivalente a

20.631 Ha, induciendo a mayores oportunidades (García, 2012), lo que ratifica la necesidad de implementar nuevas tecnologías que permitan conservar su calidad fisicoquímica, nutricional y funcional para prolongar su vida útil. Los principales departamentos productores de mora en el país son Cundinamarca 24,2%, Santander 19,5%, Antioquia 14,3%, Boyacá 9,9% Huila 7,2%; el Tolima ocupa el séptimo lugar aportando 4,3%; porcentaje relativamente alto a diferencia de los demás departamentos que producen mora.

Actualmente los cultivos de mora han tenido un incremento significativo debido a que se ha promocionado su demanda ya sea para la exportación o el procesamiento de productos a base de la mora, constituyendo una atractiva y rentable alternativa de producción para los pequeños y grandes productores (Forero & Muñoz, 2001). Pero los rendimientos, bajo las condiciones de producción en Colombia, varían ampliamente: de seis a dieciséis toneladas por hectárea, para un promedio nacional de 11 toneladas, de acuerdo con AGRONET, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; cuando los cultivos son adecuados a las condiciones del ambiente y se implementan tecnologías que mejoren la productividad, se han alcanzado a tener rendimientos hasta de 30 t/Ha. Existen algunos factores adversos que ocasionan pérdidas significativas en la producción uno de estos puede ser la Botrytis o moho gris como se conoce comúnmente. Por estas razones se han venido empleando recubrimientos que permitan que confieran al fruto una vida útil mayor, mejorar el brillo y la textura de la corteza, reducir el deterioro de la calidad fisicoquímica y organoléptica, disminuir la pérdida de peso por deshidratación, el intercambio de gases (Pérez, Bringas, Mercado, Saucedo, Cruz & Báez, 2004), y generar alto valor comercial dado que al madurar se pierde firmeza con rapidez y ocurren modificaciones organolépticas (Amaya, Peña, Mosquera & Villada, 2010), así mismo la decoloración en la mora se puede dar por la pérdida de jugos en las frutas inmaduras (Perkins, Collins & Clark, 1996). La reducción de la intensidad respiratoria minimiza las pérdidas de aroma, sabor, color, textura y calidad de otros atributos del producto almacenado (Figueiras, Chitarra & Chitarra, 1996), permitiendo conservar la calidad del fruto por mucho más tiempo. Los mayores

efectos de este tipo de tecnologías se generan sobre los siguientes factores de calidad

Firmeza, los frutos recubiertos presentan menores valores de firmeza, debido a una maduración lenta. La pérdida de textura es el cambio más notable que ocurre en frutas y vegetales durante su almacenamiento, y está relacionado con los cambios metabólicos y con la pérdida de humedad (Rojas, et al 2009). La textura del fruto está determinada, en gran medida, por la composición de la pared celular; la degradación de la pared celular ocurre con la solubilización y depolimerización de las sustancias pécticas (Olivas, Mattinson & Barbosa, 2007). De acuerdo con Yaman y Bayoindirli (2002), ambientes con atmósfera modificada, reducen la actividad enzimática causante de la degradación de las paredes celulares, permitiendo así la retención de la firmeza de frutas y vegetales.

Tasa respiratoria, en algunos casos al recubrir los frutos, estos presentan un pico menos pronunciado que los frutos que no son recubiertos, esto hace que se evite la aceleración de la maduración y disminuyen la tasa de respiración, la cual es ocasionada por el incremento en la producción de CO₂ generado por los procesos metabólicos de hongos y bacterias que se encuentran presentes en el medio (Petit, Bringas, Mercado, García, González, Troncoso & Báez, 2004).

Color, es una característica fundamental al evaluar la calidad del fruto, por lo que se puede decir que los frutos recubiertos no presentan diferencia significativa entre ellos después de ser recubiertos y analizados. El color está estrechamente relacionado con la tasa de respiración ya que esta ocasiona que se formen muchos desordenes fisiológicos que se reflejan en el cambio de color sobre el área de las drupas por pérdida de brillo, además del goteado de sus jugos, y pérdida de agua que generan merma de peso y arrugamiento (Perkins, et al 1996; Mitcham, Clayton & Biasi 1998).

Transpiración, algunos fenómenos fisiológicos en los tejidos como la transpiración se ven reflejados en la pérdida de humedad durante el almacenamiento, lo cual puede

afectar el cambio de color (Del Valle et al. 2005). Según Kader (2007) la pérdida de peso en la fruta es un proceso fisiológico normal debido a la transpiración y es la principal causa de deterioro ya que además de producir pérdida de peso, produce pérdida de la apariencia, textura, sabor y calidad nutricional, sin embargo con la aplicación de RC se reducen la velocidad de dicha pérdida y retrasa los procesos de deterioro en la mora.

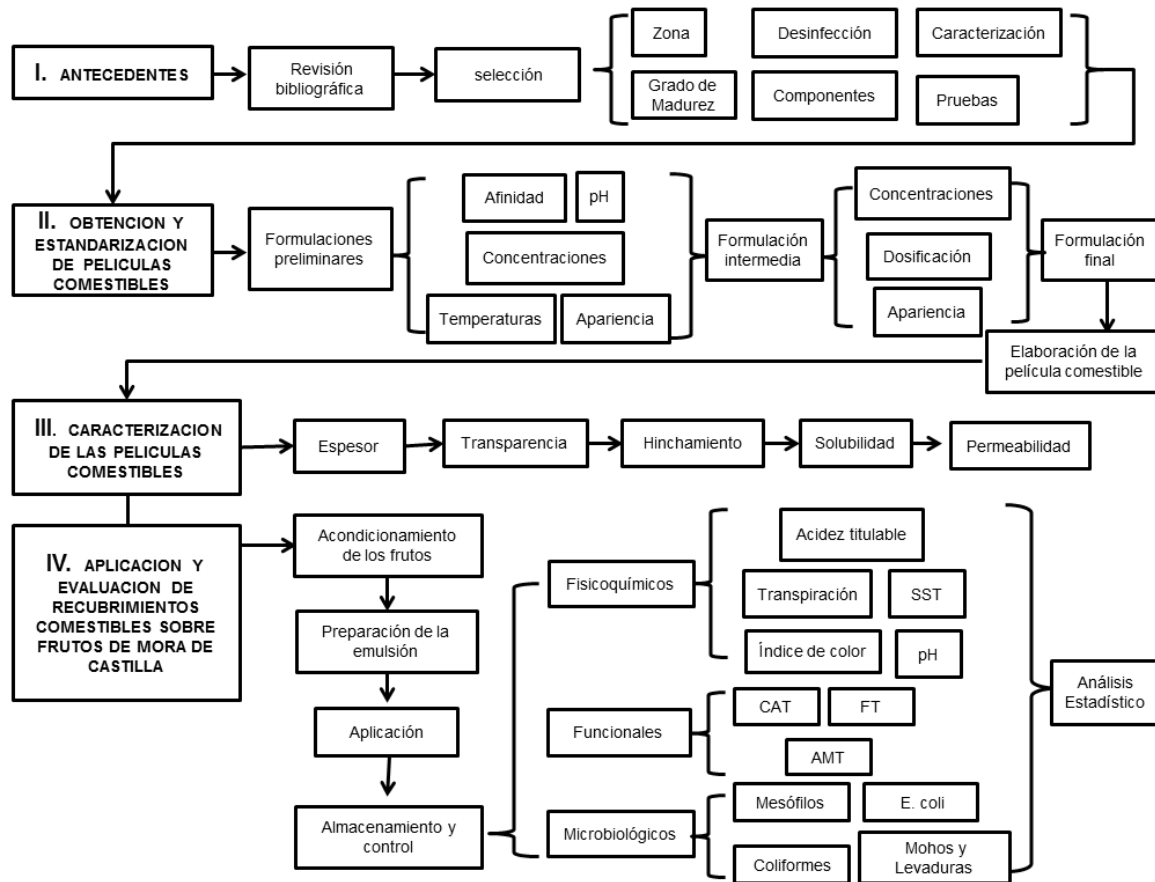
2. METODOLOGIA DE UN RECUBRIMIENTO MULTICOMPONENTE APLICADO A MORA DE CASTILLA

En este capítulo se presenta la metodología general empleada en cada una de las etapas de este proyecto de investigación centrado en la estandarización y evaluación de un RC comestible a base de proteínas, carbohidratos, combinados con plastificantes y otros componentes antifúngicos y funcionales, que posteriormente fue aplicado a la mora de castilla con y sin pretratamiento en precosecha con endurecedor a base de calcio, con el fin de determinar su efecto sobre la incidencia en la calidad y vida útil del producto

2.1. ETAPAS GENERALES

Con base en información secundaria se estableció el comportamiento de los recubrimientos a base de gomas y proteínas sobre la calidad de frutos no climatéricos, se seleccionaron los componentes antifúngicos y funcionales a emplear en el recubrimiento, así como los porcentajes de proteínas, carbohidratos y plastificantes a dosificar. Se identificaron puntos isoeléctricos de las proteínas y definieron rangos de pH de las matrices a evaluar. Posteriormente se establecieron protocolos de solubilidad, hinchamiento y permeabilidad al vapor de agua. Los cuales permitieron caracterizar las películas propuestas y definir cuales emplear como recubrimientos sobre la mora de castilla. Finalmente el análisis de las características fisicoquímicas, funcionales y microbiológicas en mora procedente de la vereda el retiro del cañón del Combeima ubicado en el departamento del Tolima y almacenada bajo condiciones de refrigeración ($3\pm 1^{\circ}\text{C}$, $75\pm 5\%\text{HR}$), permitió evidenciar la efectividad del recubrimiento como barrera y regulador de la transpiración y así evidenciar su efectividad, permitiendo que se mantenga la mora en óptimas condiciones con respecto a su tamaño, forma, color y demás características que ayuden a mantener una buena calidad del fruto.(Figura 1).

Figura 1. Etapas generales de la investigación.



Fuente: Autores.

2.2. OBTENCIÓN DE PELÍCULAS COMESTIBLES MULTICOMPONENTE A BASE DE GOMA GELLAN, CASEINA Y GELATINA

La revisión bibliografía precedente, sirvió de soporte para la obtención de películas preliminares, intermedias y finales, así como para la evaluación del comportamiento de los hidrocoloídes y plastificantes, la caracterización de estas películas, para ser aplicadas como recubrimientos y por ende tener una clara interpretación al momento de realizar el análisis de resultados. Respecto al fruto en estudio, algunos antecedentes permitieron seleccionar la zona, finca, grado de madurez de la fruta y las condiciones de desinfección propias para el estudio.

2.2.1. Formulación y Preparación de Emulsiones Formadoras de las Películas

Para la estandarización de las formulaciones a emplear en la elaboración de las películas comestibles, fue indispensable realizar una revisión bibliográfica que permitiera comparar dosificaciones, sistemas de mezclado, tiempos y temperaturas de disolución, velocidad de agitación entre otros aspectos (ver anexo A) y así determinar la formulación de los multicomponentes preliminares indicadas en la Tabla 4.

Tabla 4. Concentraciones de los componentes formadores de las películas comestibles.

		GG (% W/V)	CM (% W/V)	CC (% W/V)	GE (% W/V)	SK	GLY	T80	AC	NA
TRATAMIENTOS	PC1	0,5%	1%			300ppm	0,1%	0,25%	0,025%	
	PC2	0,5%	0,5%			300ppm	0,1%	0,25%	0,025%	
	PC3	0,5%	0,5%			300ppm	0,5%	0,25%	0,025%	
	PC4	0,5%	0,1%		0,2%		0,1%	0,25%	0,025%	5mg/ml
	PC5	0,5%	0,1%		0,4%		0,1%	0,25%	0,025%	5mg/ml
	PC6	0,5%		0,1%	0,2%		0,1%	0,25%	0,025%	5mg/ml
	PC7	0,5%		0,1%	0,4%		0,1%	0,25%	0,025%	5mg/ml

GG: Goma Gellan, CM: Caseína Micelar, CC: Caseinato de Calcio, SK Sorbato de Potasio; GLY: Glicerol, T80: Tween 80, AC: Aceite de Canola, GE: Gelatina, NA: Natamicina.

Estas combinaciones permitieron evaluar el comportamiento de la goma gellan y la caseína frente a condiciones de temperatura, tiempos de mezclado y formas de incorporación de hidrocoloides, con el fin de obtener películas resistentes, de fácil manejo, con un color y poco sabor que no afectara las características de la fruta. Para ello, se tomaron como referencia las concentraciones empleadas en los estudios realizados por Valle, (2008); Rojas, (2008); Pérez, Fabra y Talens, (2012) y Avila, Costamagna,, Barrientos, Pucci, Sánchez y Strumia, (2009)

Los tratamientos PC1, PC2 y PC3 se obtuvieron diluyendo los componentes en agua destilada a pH 5,5. La goma gellan se homogenizó en agua hasta temperatura de $85 \pm 5^\circ\text{C}$, sometiendo a agitación la mezcla por 20 minutos, entre tanto la caseína micelar se diluyó a 40°C en agua bajo las mismas condiciones de pH y agitación y la homogenización de la mezcla total se realizó a 40°C con el fin de evitar desnaturalización de la proteína. PC4, PC5, PC6 y PC7 corresponden a formulaciones modificadas, en este caso la incorporación de otra proteína, la gelatina, que permitió mejorar la interrelación proteica con los demás componentes, estabilizar las películas, disminuir la cristalización y separación de la caseína; así mismo se empleó natamicina sustituyendo el sorbato de potasio, teniendo en cuenta que en los primeros ensayos se evidenció baja actividad antimicrobiana del antifúngico inicialmente elegido. Para estas formulaciones se cambió el orden de adición de los componentes las temperaturas de dilución y tiempos de agitación de los componentes como se explica en el ANEXO B. Los tratamientos PC4 y PC6 por arrojar los mejores resultados en cuanto a color, transparencia, brillo y espesor, fueron seleccionados en las fases posteriores de evaluación de PC y aplicación como RC en la mora de castilla.

2.2.2. Obtención de las Películas: Las soluciones a temperatura de 25°C fueron vertidas en cajas de Petri de 15cm de diámetro a razón de 10, 12 y 14 g/caja con el fin de obtener diferentes espesores, luego se secaron bajo condiciones de refrigeración, a temperatura y HR controladas ($3 \pm 1^\circ\text{C}$, $75 \pm 5\%$), obedeciendo a los mejores resultados que se obtuvieron al implementar diferentes temperaturas de secado. El espesor de las películas se controló siguiendo el procedimiento descrito por Park y Zhao (2004) y ajustando una misma densidad de sólidos para todas películas de 56 g/m^2 ya que el espesor de las películas hidrofílicas es un factor a tener en cuenta para su caracterización (McHugh, Avena & Krochta, 1993; Hagenmaier & Shaw, 1990). Con el fin de obtener unas condiciones de humedad similares a los estudios de referencia (50-70%HR), se procedió a almacenar las películas secas en cámara de policarbonato, a temperatura de $20\text{-}25^\circ\text{C}$ y HR entre 75-76%, con soluciones saturadas de NaCl.

2.3. CARACTERIZACIÓN DE LAS PELÍCULAS COMESTIBLES

2.3.1. Espesor: Para la medición del espesor se realizaron algunas modificaciones con respecto al número de mediciones a la metodología propuesta por Abraján (2008). Las muestras fueron equilibradas a 52% HR, con mediciones aleatorias en 20 puntos de la película, para lo cual se empleó un micrómetro mecánico (Mitutoyo, Tokyo, Japan de 0-25mm de rango, 0,01mm de precisión). El espesor de cada película se calculó como la media aritmética de las 20 medidas tomadas.

2.3.2. Hinchamiento: El grado de hinchamiento se determinó según el método de Xu, Bartley, y Johnson (2003) con algunas modificaciones; por lo que se realizaron cortes a la película de 2cm², para registrar su masa inicial, posteriormente el corte fue sumergido en 60ml de agua destilada a pH 3; este pH se estableció según ensayos previos realizados con agua a su pH normal y jugo diluido de mora, donde se evidenció que la película se desintegraba a pH neutros y básicos, razón por la cual fue empleado este valor. De inmediato el tiempo fue medido por lapsos muy cortos, que para este tipo de películas fueron establecidos, según ensayos previos, ya que por su fragilidad no se podían dejar por mucho tiempo sumergido en el agua: las películas húmedas se extraen del recipiente y se secan inmediatamente con papel filtro grado cualitativo con el fin de eliminar el exceso de agua de la superficie de la película, para registrar su peso final. Esta determinación fue realizada por cuadruplicado.

El grado de hinchamiento (SD) se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$SD = \frac{(m_w - m_o)}{m_o}$$

Dónde:

m_w : es la masa de la película húmeda

m_o : es la masa inicial del film seco.

SD: grado de hinchamiento

El grado de hinchamiento (SD) se midió en términos de la cantidad de agua absorbida con respecto a la masa inicial

2.3.3. Solubilidad: Para conocer el comportamiento de solubilidad de PC-CM y PC-CC, se ajustó el pH del agua a pH 2,87 (pH normal de la mora), y se sumergieron trozos de 2 cm²/24 horas.

Esta prueba se realizó por cuadruplicado, según las metodologías propuestas por Irissin-Mangata, Bauduin, Boutevin, y Gontard (2001) y Kunte, Gennadios, Cuppett, Hanna, y Weller (1997). Determinando el porcentaje de solubilidad en función del contenido de materia seca presente en el *film* solubilizado después de 24 h de inmersión en agua. (ANEXO C). Los datos fueron calculados mediante la siguiente ecuación:

$$\%WL = \left[\frac{(mi - mf)}{mi} \right] \times 100$$

Donde:

%WL: porcentaje de la pérdida de peso

mi: materia seca inicial

mf: materia seca final

2.3.4. Permeabilidad al Vapor de Agua: La permeabilidad al vapor de agua (PVA) fue determinada de acuerdo a la norma ASTM E96-95, con algunas modificaciones hechas por McHugh et al., (1993), considerando la corrección al método sugerida por Gennadios, Weller y Gooding, (1994). La permeabilidad al vapor de agua según Murillo (2011), se calcula como el cociente entre la pendiente de la curva de pérdida de agua vs tiempo y el área de la película expuesta. Se evalúa en condiciones conocidas de espesor, temperatura y gradiente de presión.

La permeabilidad fue medida utilizando un gradiente de humedad de 75±2% de HR y de temperatura 25±1°C empleando NaCl. Para lo cual se recortaron las muestras de

las películas acordes al área de la celda, cuyo diámetro interno era de 3,5 cm y profundidad de 1 cm aproximadamente; en su interior se colocaron 6 mL de agua destilada (Pérez, Serra, Alonso, & del Rio. 2006) y posteriormente se fijaron las muestras de las películas en la celda y estas fueron selladas con la ayuda de 3 mordazas dispuestas alrededor de la tapa de la celda, es importante dejar un espacio de aire por debajo de la película. Para su análisis las celdas se guardaron en desecadores dispuestos de un ventilador en su parte superior generando una corriente de aire a una velocidad de 1050 rpm y usando NaCl para controlar la humedad interna, con el fin de mantener las condiciones de ensayo uniformes en todos los puntos evitando la acumulación del vapor de agua que sale de las celdas (McHugh et al., 1993; Osés, Fabregat, Pedroza, Tomás, Cruz & Maté., 2009). Luego de efectuar el montaje en el desecador, se registra el peso de la celda cada hora, durante 8 horas. Posterior a estos se realizaron los cálculos correspondientes expresados en el ANEXO D.

2.3.5. Transparencia: Para esta prueba se recortaron secciones de película de 10x40 mm² las cuales fueron almacenadas a 22°C y 55% de HR durante 24h. Posteriormente cada sección de película fue colocada dentro de una celda de cuarzo con el fin de medir su absorbancia a 600 nm para lo cual se empleó un espectrofotómetro Beckman modelo DU-650 (Beckman Instruments, Inc., Fullerton, CA). Cada medición se realizó por cuadruplicado. Esta prueba fue basada en el método empleado por Choi y Han, (2002) en donde la transparencia es calculada mediante la siguiente ecuación.

$$transparencia = \frac{A_{600}}{Espesor}$$

Dónde:

*A*600: absorbancia de la película a 600 nm.

2.4. APLICACION Y EVALUACION DE DOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES MULTICOMPONENTE SOBRE FRUTOS DE MORA DE CASTILLA

2.4.1. Preparación de las Soluciones de Recubrimientos: La preparación de los dos recubrimientos (RC-CM y RC-CC) a aplicar a la mora de castilla, se realizó con base en los resultados de los numerales 2.2 y 2.3, disolviendo los componentes en agua destilada con pH 5,5 y teniendo en cuenta el punto isoeléctrico de las proteínas, el orden de dosificación fue polisacárido-proteínas-plastificante-emulsificante-funcional-antimicrobiano; las temperaturas de disolución y los tiempos de agitación establecidos en la Tabla 5

Tabla 5. Componentes de los dos recubrimientos comestibles

		Parámetros						
Muestras	Componentes	% p/v	ml agua	Gramos	Gotas	orden adición	Temperatura máxima	Tiempo agitación
M4	GELLAN	0,5	700	3,5		1	80 - 90 °C	60 min
	CASEINA**	0,1	700	0,7		2	50 °C	40 min
	GELATINA	0,2	700	1,4		3	30 °C	40 min
	GLICEROL	0,1	700	0,88	24,5	4	80 - 90 °C	30 min
	TWEEN	0,25	700	1,89	45,5	5	80 - 90 °C	30 min
	ACEITE	0,025	700	0,02	7	6	80 - 90 °C	30 min
	NATAMICINA	5mg/ml	700	0,35		7	30 °C	20 min
M6	GELLAN	0,5	700	3,5		1	80 - 90 °C	60 min
	CASEINA*	0,1	700	0,7		2	50 °C	40 min
	GELATINA	0,2	700	1,4		3	30 °C	40 min
	GLICEROL	0,1	700	0,88	24,5	4	80 - 90 °C	30 min
	TWEEN	0,25	700	1,89	45,5	5	80 - 90 °C	30 min
	ACEITE	0,025	700	0,02	7	6	80 - 90 °C	30 min
	NATAMICINA	5mg/ml	700	0,35		7	30 °C	20 min

Caseina**: caseína micelar. Caseína*: caseinato de calcio. Gelatina: gelatina sin sabor

2.4.2. Aplicación del Recubrimiento: Esta investigación se desarrolló con mora de la variedad Castilla (*Rubus glaucus Benth*), en grado de madurez 5, según Norma Icontec (NTC 4106), proveniente de la vereda El Retiro del Cañón del Combeima, del municipio de Ibagué. La fruta pretratada en campo con aplicación de Óxido de Calcio al 0,16% una vez por semana, fue recolectada en forma aleatoria y procesada el mismo día teniendo en cuenta ausencia de daños mecánicos y/o signos visibles de ataque fúngico por *Botrytis cinerea*. Previo a la aplicación del recubrimiento el producto fue lavado por aspersion con agua potable durante 2 minutos, desinfectado durante el mismo lapso de tiempo con una solución de ácido cítrico al 1.2% y secado a temperatura ambiente hasta escurrido completo.

La aplicación del recubrimiento se realizó con base en la técnica dipping o de inmersión (Tapia et al., 2007; Rojas, et al., 2007; Oms-Oliu, et al., 2008), sumergiendo los frutos durante 2 minutos a temperatura de $20\pm 5^{\circ}\text{C}$, seguidamente el producto fue escurrido en rejillas y secados a temperatura ambiente durante 7 a 12 minutos con ayuda de un ventilador Samurai Turbo Silence que en promedio incremento la velocidad del aire hasta 4,52 m/seg a $26,1^{\circ}\text{C}$. Una vez secos los frutos, se empacaron 100gr de la muestra en tarrinas rígidas de Ptereftalato de Polietileno (PET) de 16 oz, perforadas aproximadamente en un 10% en la cara superior y en la parte lateral con el fin de regular la respiración del producto y evitar la acumulación de gases dentro del empaque que pudieran acelerar su deterioro. Los 2 tratamientos aplicados fueron almacenados bajo condiciones de refrigeración ($3\pm 1^{\circ}\text{C}$, $75\pm 5\% \text{HR}$) durante 17 días y evaluados en sus parámetros fisicoquímicos, funcionales y microbiológicos como se describe a continuación.

2.5. EVALUACION DE CALIDAD DE FRUTOS DE MORA RECUBIERTOS CON LA MATRIZ MULTICOMPONENTE

Fueron evaluados mediante parámetros fisicoquímicos como: sólidos solubles totales, pH, acidez titulable y pérdida de peso; colorimétricos como: Índice de Color; funcionales como: actividad antioxidante, determinación de fenoles totales, antocianos

monomericos totales y microbiológicos donde se determinó el contenido de microorganismos Mesófilos Aerobios Totales, Coliformes Totales, E. coli, Mohos y Levaduras; todo esto con el fin de evaluar la incidencia del recubrimiento sobre la calidad y vida en anaquel del producto

2.5.1. Parámetros Fisicoquímicos

2.5.1.1. Sólidos solubles totales: Según la norma NTC 4624. Jugos de frutas y hortalizas. Determinación del contenido de sólidos solubles. Método Refractométrico. Cada una de las muestras se trituró con un procesador de alimentos marca Oster durante 1 minuto a 13500 rpm y luego la muestra se filtró para separar la semilla de la pulpa. La determinación se efectuó utilizando un refractómetro digital Pocket PAL-3 (Atago, Tokio, Japón) previamente calibrado. Colocando una gota de la pulpa homogenizada sobre el porta muestras del refractómetro, asegurándose que el lente quedara totalmente cubierto por la muestra, se toma lectura directa del porcentaje de sólidos solubles. Las muestras fueron analizadas por cuadruplicado.

2.5.1.2. pH: Este parámetro se evaluó con base en la norma NTC 4592. Dicha medición se realizó con un potenciómetro Handylab pH 11 (Schott, Instruments, Mainz, Alemania) con precisión de 0.05 unidades previamente calibrado. Cada una de las muestras se trituró con un procesador de alimentos marca Oster durante 1 minuto a 13500 rpm y luego la muestra se filtró para separar la semilla del fruto, Se introdujo el electrodo en la porción de ensayo (pulpa homogenizada), con temperatura de $20 \pm 0.2^\circ\text{C}$, posterior a su medición se registró el pH, hasta que su valor fuera constante.

2.5.1.3. Acidez titulable: El método potenciométrico referenciado en la norma NTC 4623. Productos de frutas y verduras. Determinación de la acidez titulable. Cada una de las muestras se trituró con un procesador marca Oster, se tomó 1gr aproximadamente. La cual se llevó a un matraz aforado de 10ml, completándose el anterior volumen con agua destilada, se homogenizó completamente, esta dilución se vertió en un beaker y con agitación constante, se introduce el electrodo del potenciómetro (Handylab pH 11 (Schott, Instruments, Mainz, Alemania), y mediante

una bureta se agrega cuidadosamente la solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) 0.0961N, hasta registrar pH aproximado de 8.1 ± 0.1 .

Cada muestra se analizó por cuadruplicado y para determinar el resultado de la acidez titulable expresada en porcentaje de ácido málico, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Acidez Titulable}(\% \text{ Ácido Málico}) = \frac{V_1 * N * K}{V_2} * 100$$

Dónde:

V1= Volumen de NaOH (ml)

N= Normalidad de NaOH (meq/ml)

K= Peso equivalente del ácido málico (0,067 g/meq),

V2 = Volumen de la muestra (10 ml)

2.5.1.4. Pérdida de Peso: La pérdida de peso se determinó con el método gravimétrico propuesto por Olivas, et al (2007) y Villamizar (2001). Se registró el peso de los contenedores de Ptereftalato de polietileno (PET) con capacidad de 16Oz, de cada tratamiento con una cantidad de 250g cada uno, en una balanza de precisión electrónica EW 4200-2NM (Kern & Sohn, Balingen, Alemania) con 2 cifras decimales y capacidad máxima de 4200 g \pm 0.01 g, diariamente y con exactitud en la hora durante 13 días, éste peso se comparó frente al peso inicial de cada muestra y los valores obtenidos se expresaron como porcentaje en pérdida de peso (%p/p). Se almacenaron en las condiciones establecidas en el apartado 2.5.2, cada muestra se analizó por cuadruplicado y el %p/p se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\%P/P = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100$$

Dónde:

%PP= Pérdida de peso de la muestra

P_i = peso inicial de la muestra

P_f = pesos final de la muestra

2.5.2. Parámetros Colorimétricos

2.5.2.1. Índice de Color: El color de la muestra se midió por reflexión mediante un medidor de color marca Konica Minolta CR4 10, con la escala internacional de color (Commission Internationale de l'Eclairage CIE), el cual fue calibrado, con una ventana de medición de 10mm, utilizando como sistema de referencia el iluminante D65/observador 10°. Las medidas se efectuaron sobre las muestras de mora que fueron procesadas para obtener la pulpa y facilitar su medición, para cada uno de los distintos tratamientos y tiempos de almacenamiento. Utilizando las coordenadas de color CIELAB (L^* , a^* y b^*). (Hutchings, 1999)

2.5.3. Parámetros Funcionales: Para realizar los análisis pertinentes, actividad antioxidante, fenoles y antocianos monoméricos totales, en primera instancia se procedió a preparar los extractos correspondientes a las muestras en estudio y a su respectivo blanco, con modificaciones en la metodología desarrollada por Benvenuti, Pellati, Melegari y Bertelli. (2004) y propuestas por Quintero, Ayala, Valenzuela, Bohórquez, y Rivera, (2012). Para esto se pesó 10 g exactos de mora de cada uno de los tratamientos en estudio, en una balanza analítica y se le adicionó 20 ml de etanol (96%v/v) acidificado con HCl (2.0%) y se maceró, esta porción de ensayo se homogenizó a 250 rpmX60min en un Shaker IKA KS 4000 IC control. Pasado el tiempo se filtró el extracto y se almacenó en frascos ámbar almacenados en ultra-congelación a una temperatura $-32\pm 1^\circ\text{C}$ hasta su respectivo análisis, el residuo del extracto se recuperó en los frascos schott y se le adicionaron 20 ml de etanol acidulado. El procedimiento se repitió 4 veces hasta obtener 80 ml de extracto. Luego estos se centrifugaron en una centrifuga Sigma Kaka LTDA (3900 rpm x 20 min) y se filtró al vacío (papel filtro cualitativo No. 5 - Whatman, Schleicher & Schuell, Maidstone,

Inglaterra) y se aforó a 100 ml con etanol acidificado al 2%. Se tomaron como disolución de trabajo 5 ml de extracto y se llevó a un balón de 25 ml para aforarlo con el mismo solvente.

2.5.3.1. Capacidad Antioxidante Total: La capacidad antioxidante se determinó por cuadruplicado de acuerdo al método de decoloración del radical ABTS (porcentaje de inhibición) descrito por Kuskoski, Asuero, García-Parilla, Troncoso, Fett. (2004). Se utilizó el radical ABTS. 7mmM + Persulfato de Potasio con una concentración final de 2.45 mM. Su preparación se describe en el ANEXO E Una vez formado el radical ABTS este se diluyó con etanol hasta obtener un valor de absorbancia entre 0,680 a 0,720 (UA) a una longitud de onda de máxima absorción de 754nm, adicionando 3,43 ml de ABTS y 70 μ L de la muestra. Dicha absorbancia se leyó de forma directa en espectrofotómetro Uv –Vis Genesys 6 (Thermo Electron Scientific, Madison, USA; y se mide de nuevo a 754nm pasados 1 minuto y nuevamente a los 6 minutos que es cuando la reacción se completó. Se realizó una curva estándar de referencia de seis puntos (5-100 mg/L) utilizando el antioxidante natural Ácido Ascórbico (AA). Los resultados fueron expresados en mgEAA/100gFF (miligramos equivalentes a ácido ascórbico por cien 100 gramos de fruta fresca).

2.5.3.2. Fenoles Totales: La determinación de los fenoles totales en los extractos de mora se realizó por cuadruplicado de acuerdo al método de Folin-Ciocalteu (Shaghghi, Manzoori & Jouyban, 2008), con algunas modificaciones. En un tubo de ensayo fueron mezclados 0,25 ml de la muestra, 2.4 mL de agua destilada desionizada, 2 mL de Carbonato de Sodio (NaCO₃ 2%) (ANEXO E), y 0,1 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu (Panreac Quimica S.A, Barcelona, España), las cuales se agitaron y se incubaron a temperatura ambiente durante 60 minutos; después de la incubación, se tomó una muestra en celda de cuarzo y se midió la absorbancia a 750 nm, se tomó como blanco agua destilada y alcohol acidificado al 2%, las mediciones se hicieron en un espectrofotómetro Uv –Vis Genesys 6 (Thermo Electron Scientific, Madison, USA). Para la determinación de los resultados se empleo una curva estándar referencia preparada con ácido gálico (12.5 – 400 mg/L) (Panreac Quimica S.A, Barcelona,

España), los datos se expresaron como miligramos equivalentes a Acido Gálico por 100 g de fruta fresca (mgEQAG/100gFF).

2.5.3.3. Antocianos Monoméricos Totales: Al igual que las pruebas anteriores la determinación de los antocianos monomericos totales fue realizada por cuadruplicado; mediante el método de pH diferencial (Lee, 2005; Giusti & Wrolstad, 2001). En donde se emplean 2 sistemas tampón pH 1 y 4,5 (± 0.05), debido a que los pigmentos de antocianos cambian su tonalidad e intensidad con el pH, según Casal Bejarano (2010) a pH 1.0, los antocianos existen en las formas coloreadas flavinio u oxonio y a pH 4.5, se encuentran predominantemente en la forma incolora carbinol. Por lo tanto se deben preparar las soluciones tamponadas a pH 1.0 y 4.5 según se describe en ANEXO E

Para la cuantificación es necesario tomar 4 ml de cada una de las soluciones tamponadas y 1 ml del extracto, se homogenizó y reposó por 20 minutos, se midió la absorbancia usando un espectrofotómetro Uv –Vis Genesys 6 (Thermo Electron Scientific, Madison, USA) a 520 y 700 nm, para corregir el efecto de la turbidez, estas mediciones se hacen con respecto a sus blancos los cuales contienen agua destilada y alcohol acidificado. Los dato del contenido de pigmentos antocianos monomericos totales se reportaron como miligramos Equivalentes a Cianidina-3-glucosido / 100 g de fruta fresca (mgEQC3G/100 g FF). Los cuales fueron calculados mediante la siguiente ecuación:

$$\text{pigmento antocianina (mg EQC3G/L)} = \frac{A \times MW \times FD \times 10^3}{\epsilon \times L}$$

Dónde:

$A = (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}}) \text{ pH}1.0 - (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}}) \text{ pH} 4,5.$

MW= Peso molecular de Cianidina-3-Glucósido (449,2 g / mol)

FD = Factor de dilución (ml)

L = Longitud de la trayectoria de la luz en la celda (cm)

ϵ = Coeficiente de extinción molar de Cianidina-3-Glucósido (26900L/mol cm)

10^3 = Factor de conversión de g a mg.

2.5.4. Parámetros Microbiológicos: Se realizaron con el objetivo de determinar el contenido de microorganismos mesófilos aerobios totales, coliformes totales, E. coli, mohos y levaduras (Olivas et al., 2007). La cuantificación de UFC/g. Los cultivos microbiológicos se realizaron durante su almacenamiento los días 1, 7 y 13 para cada uno de los tratamientos con empleo agares como O.G.Y. para hongos y levaduras, sustrato definido simplete para Coliformes y E. coli y plate count para microorganismo mesofilos.

2.5.5. Análisis Estadístico: Los resultados obtenidos por cuadruplicado, fueron analizados mediante un análisis de la varianza simple y multifactorial (ANOVA-MANOVA) con un nivel de confianza del 95% y utilizando para las comparaciones múltiples el test Diferencia mínima significativa (LSD). Los cálculos se realizaron con el paquete estadístico Statgraphics Centurion Versión XV.II (Statpoint Inc., Herndon, Virginia, USA)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. OBTENCIÓN DE PELÍCULAS COMESTIBLES MULTICOMPONENTE A BASE DE GOMA GELLAN, CASEINA Y GELATINA

En primera instancia se elaboraron películas a base de goma gellan–caseína, para lo cual fue necesario determinar algunas propiedades de estabilidad y solubilidad de estos hidrocoloides (Tabla 6). Con base en ellos, se establecieron como parámetros de disolución para la preparación de la caseína, pH superiores a 5 y temperaturas entre 80–90°C para la disolución de la goma gellan. La poca afinidad entre caseína-goma gellan observada en la etapa de obtención de películas, puso en evidencia la necesidad de incorporar una nueva fuente de proteína afín a la polaridad de la caseína y del polisacárido, por lo cual se estableció como buena alternativa de equilibrio en la matriz la incorporación de gelatina.

Tabla 6. Propiedades de los compuestos hidrocoloides.

	GOMA GELLAN	CASEINA MICELAR	CASEINATO DE CALCIO
ESTABILIDAD	Buena	Buena	Buena
SOLUBILIDAD	Alta	Poca	Alta
CAPACIDAD DE FORMAR PELÍCULAS	Buena	Buena	Buena
COMPATIBILIDAD	Buena	Buena	Buena
ADHERENCIA	Buena	Buena	Buena
COLOR	Transparente	Lechoso	Lechoso
TEXTURA	Lisa	Ramificaciones	Porosa
TERMOESTABILIDAD	Si	No	No
EMULSIÓN	Buena	Buena	Buena

3.2. FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN DE EMULSIONES FORMADORAS DE LAS PELÍCULAS

Con base en estudios realizados por Valle et al (2008) y Rojas, Tapia, Martin-Belloso (2008), Las películas fueron elaboradas por medio del método casting, siendo consideradas como formulaciones preliminares las indicadas en la Tabla 7, a las cuales se aplicó como agente plastificante aceite mineral. Los resultados obtenidos generaron películas rugosas con cristalización superficial en forma ramificada atribuible al pH 4,6 que permitió la insolubilización parcial de la caseína. Así mismo, la apariencia grasosa de la película permitió evidenciar poca cohesión entre el polímero proteico y el polisacárido con el aceite mineral, lo cual se reflejó en una baja elasticidad y rápido rompimiento de las películas. Durante el secado a temperatura ambiente el color evidencio una leve oxidación generando un color amarillento y opaco, que sumado a la liberación de aminos presentes en la caseína posiblemente fueron las causas del mal olor de estas películas.

Tabla 7. Formulaciones preliminares de las películas comestibles en estudio

Película comestible	Goma Gellan (%w/v)	Caseína Micelar (%w/v)	Caseinato de calcio (%w/v)	Aceite Mineral (%w/v)	Sorbato Potasio (ppm)
PC1	0,5%	0,1%		0,5%	300
PC2	0,5%	0,5%		0,5%	300
PC3	0,5%		0,1%	0,5%	300
PC4	0,5%		0,5%	0,5%	300

La deficiente apariencia de las películas obtenidas, condujo a un ajuste en los componentes, pHs, temperaturas y formas de preparación. En primer lugar se sustituyó el aceite mineral por glicerol y se incorporaron aceite de canola y tween 80, como compuesto funcional y emulsificante respectivamente; se realizó aumento en la concentración inicial del glicerol, y se evidenció que las películas quedan porosas y con aceite en la superficie, es decir que los componentes no interactuaron de manera ideal; por esta razón se decide mantener concentraciones bajas del glicerol. También se sustituyó el preservante sorbato de potasio, por la natamicina que por su amplio

espectro contra levaduras y mohos, mostró más efectividad como agente antimicrobiano. La poca afinidad entre caseína-goma gellan observada en la etapa de obtención de películas, puso en evidencia la necesidad de incorporar una nueva fuente de proteína afín a la polaridad de la caseína y del polisacárido, por lo cual se estableció como buena alternativa de equilibrio en la matriz la incorporación de gelatina. Ver Tabla 8.

En segundo lugar los pH de las mezclas fueron aumentados a 5.5, 6.5 y 8 con la pretensión de obtener soluciones homogéneas y facilitar la mayor solubilización de la caseína y la temperatura de disolución de la goma gellan fue aumentada hasta 80°C, con una agitación de 200rpm, durante 60min, condiciones a las cuales, después de dejar en reposo la goma gellan, se evidencio buena incorporación de todos los componentes de la película exceptuando la caseína Micelar y el Caseínato de calcio que al ser calentados se desnaturalizaron por lo cual se optó por su preparación independiente a temperatura de 50°C, 200rpm, durante 40min; ambas soluciones se agitaron en plancha de agitación y calentamiento SP 131325, marca Thermolyne.

Por otro lado, se realizaron pruebas de secado de las películas a temperatura y HR ambiente (20±5°C y 90%), secado bajo condiciones de temperatura y HR controlada (20±2°C y 62±5% HR) y secado bajo condiciones de almacenamiento, teniendo en cuenta que se aplicaría a muestras de mora que se refrigerarían (4°C y 75±5%HR). Los resultados obtenidos en el primer caso fueron los mismos de oxidación y mal olor que las muestras preliminares con aceite mineral, mientras en la segunda condición se registró un secado lento, color más traslucido y brillante, sin presencia de olor fuerte ni desagradable; a diferencia de las ramificaciones y cristalización de las primeras películas en este caso se presentaron manchas blancas asociadas a la sal (NaCl) empleada en la cámara de policarbonato para regular la HR, que al sobresaturarse se hidrolizo y genero desestabilización de la HR interna. Por ello, fue indispensable hacer sustitución cada 8hrs de la sal como sistema de regulación de las condiciones ambientales deseadas. Las películas almacenadas en refrigeración, tuvieron mejor comportamiento que los dos anteriores casos, eran casi transparentes y muy brillantes, además de que no presentaban olor alguno, se secaron más rápido y despegaron con

mayor facilidad. En cuanto a la influencia de las concentraciones de la caseína, se determinó que en menos concentración, las películas fueron más secas y más resistentes, presentando flexibilidad ideal, contrario a lo que mostraron las que tenían mayor concentración de esta. Producto de esta etapa experimental se quedaron como condiciones estándar de trabajo las indicadas en la Tabla 8.

Tabla 8. Componentes y condiciones de elaboración de las películas comestibles a evaluar PC-CM y PC-CC.

PC	COMPONENTES	TEM. DISOLUCION	TIEMPO AGITACIÓN	OBSERVACIONES
PC-CM	Goma Gellan Glicerol Tween 80 Aceite de .Canola	80 ±10 °C	30-60 min	pH mezcla: 6,5 Temperatura laminado: 25°C Tiempo secado: 36hrs Temperatura Secado: 3±2°C
	Gelatina Natamicina	30 °C	20-40 min	
	Caseina Miscelar	50°C	40min	
PC-CC	Gomacgellan Glicerol Tween 80 A.Canola	80 ±10 °C	30-60 min	
	Gelatina Natamicina	30 °C	20-40 min	
	Caseinato De Calcio	50 °C	40min	

GG: Goma Gellan, CMM: Caseina Micelar Merck, CC: Caseinato de Calcio, SK Sorbato de Potasio; GLY: Glicerol, T80: Tween 80, AC: Aceite de Canola, GE: Gelatina, NA: Natamicina.

3.3. CARACTERIZACION DE LAS PELICULAS COMESTIBLES MULTICOMPONENTE

3.3.1. Espesor: Esta variable fue medida en las películas PC-CM y PC-CC por triplicado y valorada con micrómetro manual (Mitutoyo, Tokyo, Japan de 0-25mm de rango, 0,01mm de precisión) en 20 puntos diferentes de la película, después de 5 días de almacenamiento arrojaron como resultados los indicados en la Tabla 9. Cuyos valores iniciales se encuentran en el ANEXO F; de lo cual se concluye que el espesor de PC-CM fue $0,0645 \pm 0,001 \mu\text{m}$ y PC-CC fue $0,077 \mu\text{m}$, evidenciado que la película

elaborada con caseinato de calcio grado alimenticio tiene mayor espesor, esto puede atribuirse a una mayor densidad de mezcla. McHugh et al., (1993) reportaron que al aumentar el espesor de las películas hidrofílicas formuladas con caseinato de sodio, la permeabilidad al vapor de agua aumentó, esto quiere decir que no es beneficioso porque se incrementa la tasa de pérdida de humedad. El intervalo de confianza para la razón de varianzas, se extiende desde 0,525655 hasta 1,47326. Puesto que el intervalo contiene el valor de 1, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar de las dos muestras con un nivel de confianza del 95,0% (ANEXO G).

Tabla 9. Espesores de las películas a base de PC-CM y PC-CC

Muestra	PC-CM			PC-CC		
	Media (µm)	Mediana (µm)	Desviación estándar	Media (µm)	Mediana (µm)	Desviación estándar
M1	0,062	0,065	0,016	0,077	0,088	0,021
M2	0,064	0,065	0,010	0,077	0,088	0,008
M3	0,063	0,065	0,0134	0,077	0,088	0,011

3.3.2. Hinchamiento: Prueba evaluada en las películas identificadas como (PC-CM Y PC-CC), mediante la inmersión de trozos de 2cm², como valoración previa durante dos horas en soluciones a base de agua destilada a pH 7, con el fin de definir los tiempos y pH adecuados para hacer las mediciones, por ser éste un estudio nuevo y teniendo en cuenta el tipo de producto al cual serán aplicadas las películas.

Se identificó que a pH 7 y tiempo, las películas se solubilizaron completamente, luego de sumergidas, debido a esto, la prueba se realizó nuevamente en diferentes solventes, jugo de fruta en relación 1:1 con agua destilada, lixiviado de fruta (100% jugo) y en agua a pH 2.87 valor en el que se encuentra el pH de la mora de castilla (Tabla 10). Se evidenció que las películas PC-CM y PC-CC iniciaron su proceso de hinchamiento de inmediato tras la inmersión, para PC-CM se hizo la prueba hasta los 60 segundos y para PC-CC se hizo hasta los 20 segundos porque después de cada uno de estos tiempos, las películas cambian su estabilidad, solubilizándose cada vez más, dificultando su manipulación para seguir midiendo los valores de agua absorbida.

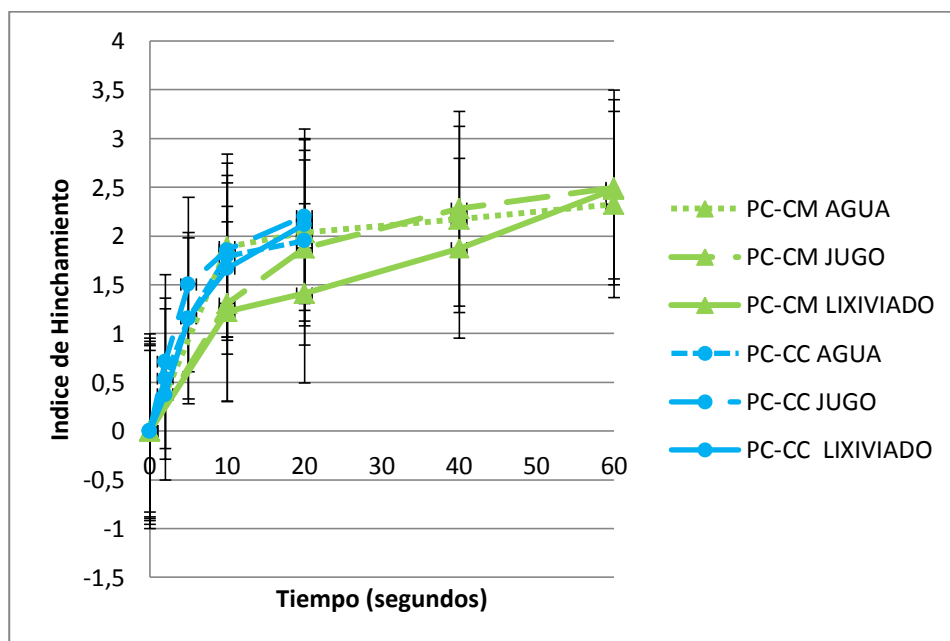
Tabla 10. Variables para el análisis del índice de hinchamiento de las películas comestibles a base de PC-CM Y PC-CC

Película	Solvente	pH del Solvente	Tiempo inicial de hinchamiento	Tiempo total de solubilización
PC-CC	Agua destilada	7	0seg	20seg
	Agua destilada	2,87	0seg	20seg
	Lixiviado de fruta	2,87	0seg	20seg
	Jugo fruta relación 1:1 con agua destilada	3,5	0seg	20seg
PC-CM	Agua destilada	7	0seg	60seg
	Agua destilada	2,87	0seg	60seg
	Lixiviado de fruta	2,87	0seg	60seg
	Jugo fruta relación 1:1 con agua destilada	3,5	0seg	60seg

En la Figura 2 se observa el índice de hinchamiento de PC-CM y PC-CC, para PC-CM fue mayor, lo cual indica que en estas películas la distancia que tiene que atravesar una molécula de vapor de agua para pasar su espesor es mayor que en PC-CC. A su vez se observa claramente la diferencia en el tiempo que soportaron sin desintegrarse durante las mediciones. El intervalo de confianza para la diferencia entre las medias de las dos películas, no contiene el valor 0, por eso existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95,0%.

Cabe resaltar que el hinchamiento se encuentra relacionado con el grosor de la película, ya que entre más delgada sea la película, hay menos moléculas hidrofílicas disponibles para la absorción de moléculas de agua, de manera que el hinchamiento de estas ocurre mucho más rápido que en películas de mayor grosor, en donde hay un mayor número de moléculas hidrofílicas disponibles para absorber la misma masa de moléculas de agua Bosquez (2003).

Figura 2. Índice de Hinchamiento en películas comestibles con PC-CM y PC-CC

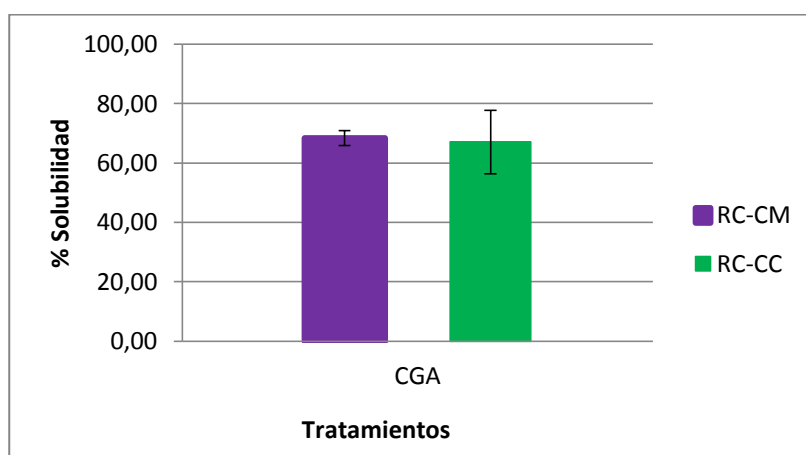


3.3.3. Solubilidad: Se evidenció que las películas mantuvieron su integridad después de la incubación, lo que quiere decir que la matriz polimérica fue estable al pH de la fruta, a pesar de que si se hincharon fácilmente al contacto con el agua, aumentaron su tamaño y presentaron valores altos de solubilidad, comportamiento que puede ser atribuido a la absorción de agua de las proteínas y del glicerol.

La Figura 3, indica que las dos formulaciones de películas comestibles, PC-CC y PC-CM, fueron altamente solubles. Sus valores de materia total soluble en agua fueron para PC-CC y PC-CM, 67,06 y 68,38% respectivamente (ANEXO H), este comportamiento de alta solubilidad, se puede atribuir a la mayor solubilización por absorción de agua de los compuestos hidrófilos contenidos en ellas. El intervalo de confianza para la diferencia entre las medias se extiende desde -16,3773 hasta 19,0052. Puesto que el intervalo contiene el valor de 0, no hay diferencia significativa entre las medias de las dos muestras de datos, con un nivel de confianza del 95,0%. (ANEXO I)

Para tener en cuenta una película aplicada sobre alimentos con alto contenido de humedad debe ser poco soluble, lo que quiere decir que al momento de emplearlas como recubrimientos, exista la posibilidad que los compuestos hidrofílicos que la componen se pierdan en el proceso de transpiración de la fruta Tang, Jiang, Wen y Yang (2005) en su estudio evidenció que los valores bajos de contenido de agua están acompañados de altos porcentajes de materia soluble en las películas de origen proteico, lo que tiene relación en el comportamiento a las películas evaluadas en este estudio.

Figura 3. Solubilidad de las dos formulaciones de películas comestibles, PC-CM y PC-CC.



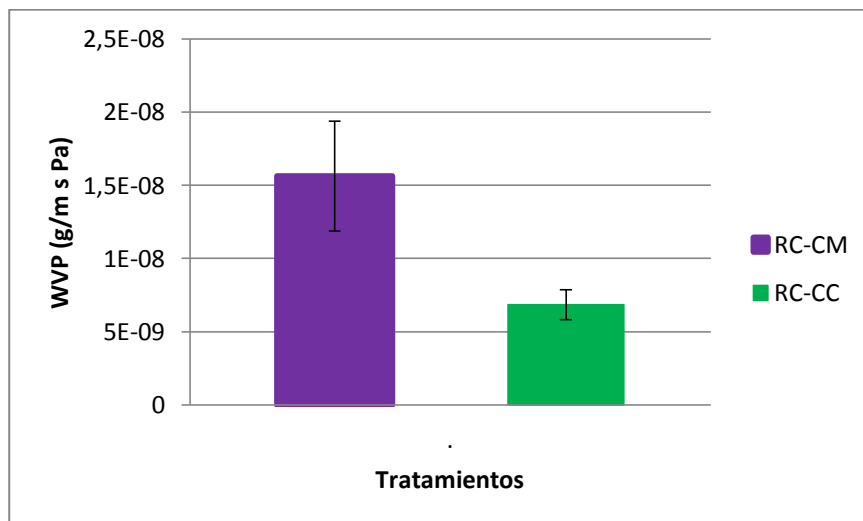
3.3.4. Permeabilidad al Vapor de Agua: Los valores de permeabilidad al vapor de agua (PVA) de las películas formadas con PC-CM y PC-CC, para un gradiente de $75 \pm 0,2/100\%HR$ y $25^{\circ}C$ de temperatura, se muestran en el ANEXO J.

El intervalo de confianza para la razón de varianzas, el cual se extiende desde 0,347241 hasta 528,153, contiene el valor de 1, por lo tanto no hay diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar de las dos muestras con un nivel de confianza del 95,0%. (ANEXO K). Se observa los valores de PVA de las películas, $1,56346E-08$ g/msPa y $6,84187E-09$ g/msPa, para PC-CM y PC-CC, estos resultados indican que en general, las películas de proteínas son barreras al vapor de

agua pobre debido a la alta hidrofobicidad inherente de las proteínas (Gennadios et al., 1994). A pesar de que fue alta la PVA, la película PC-CC presentó una disminución en los valores con respecto a las películas PC-CM, como se muestran en la Figura 4; debido al entrecruzamiento de los iones de calcio, lo que puede favorecer las interacciones entre moléculas que limitan la movilidad del polímero y disminuyen el espacio intermolecular disminuyendo así su permeabilidad como lo expresa Yanini (2007), en su estudio sobre el Diseño y optimización de recubrimientos comestibles a base de Caseinato sódico y/o Cálculo, ácido oleico y cera de abeja.

En estas películas hidrofílicas, la PVA aumenta a altos contenidos de humedad debido a la hidratación de la matriz polimérica, causadas por la adsorción de agua, lo que induce a la formación de una estructura menos densa en donde hay mayor movilidad molecular y por tanto aumento en la velocidad con que las moléculas de agua pueden atravesar la barrera. (Morillon, Debeaufort, Blond, Capelle & Voilley, 2002); es decir que a mayor HR mayor permeabilidad y a menor HR menor permeabilidad. El aumento de la incorporación de sustancias hidrofóbicas en las películas comestibles es un factor esencial para mejorar las propiedades barrera al vapor de agua de estas. McHugh et al (1993) reportaron que la permeabilidad al vapor de agua aumentó con el grosor de películas hidrofílicas formuladas con caseinato de sodio, como se mencionó con anterioridad, lo cual quiere decir que el vapor de agua, tendrá una mayor trayectoria para atravesar la película de un lado al otro.

Figura 4. Permeabilidad al vapor de agua (PVA) de las películas formadas con PC-CM y PC-CC, para un gradiente de $75 \pm 0,2/100$ %HR y 25°C de temperatura.



3.3.5. Transparencia: Para realizar la valoración de la transparencia, se implementaron las metodologías establecidas por Choi y Han, (2002); Heng, Chan y Ong (2003), en la Tabla 11 se reportan los resultados obtenidos de la evaluación de la transparencia de las películas con PC-CM y PC-CC

Tabla 11. Transparencia en PC-CM y PC-CC

	Método Heng	Método Choi y Han
PC-CM	1,0018 \pm 0,041	13,0103 \pm 0,053
PC-CC	0,7782 \pm 0,015	12,0664 \pm 0,031

Al realizar el análisis estadístico de los métodos empleados para la medición y evaluación de la transparencia de las películas elaboradas con PC-CC y PC-CM, se evidenció que en el método Heng, es de interés particular el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 0,152927 hasta 0,2941. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de PC-CC y PC-CM, con un nivel de confianza del 95,0%.

En cuanto al método Choi y Han, es de interés particular el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 0,00188 hasta 1,88598. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95,0%.(ANEXO L y M)

En general se observó que la película con PC-CC es un poco más transparente que la película con PC-CM como se puede evidenciar en los resultados (Tabla 11), comportamiento que se puede atribuir a la presencia de una distribución más homogénea de sus componentes; esto debido a que las proteínas se encuentran más alejadas a su punto isoeléctrico (Murillo, 2008)

3.4. EVALUACIÓN DE CALIDAD EN FRUTOS DE MORA RECUBIERTOS CON LA MATRIZ MULTICOMPONENTE

3.4.1. Parámetros Fisicoquímicos

3.4.1.1. Sólidos Solubles Totales: Durante el almacenamiento, los tratamientos presentaron un aumento de SST como consecuencia del avance de la maduración (Figura 5(a)), pasando de 8,2 a 9,2; 7,9 a 9,6 y 8,5 a 9,1 en los tratamientos RC-CM, RC-CC y blanco, respectivamente (Tabla 12). Este proceso es ocasionado por el aumento de los sólidos solubles en las moras y a la disminución de los ácidos orgánicos presentes. Lo anterior indica también que el efecto de usar recubrimientos mantienen los °Brix de cosecha al evitar que se fermenten los frutos. Para los SST no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los 3 tratamientos con un nivel del 95,0% de confianza ya que el valor-P de la razón-F fue mayor (0,1152) que 0,05 (ANEXO N(a)).

3.4.1.2. pH: El pH para el blanco presentó una disminución ligera ($p < 0,05$) durante los 13 días de estudio, por el contrario, los valores de pH de RC-CM y RC-CC aumentaron, aunque los rangos de variación de cada día son mínimos $\pm 0,05$, presentando

diferencias significativas ($P < 0,05$). Del día 9 al 13 de almacenamiento, las moras recubiertas con RC-CM presentaron tendencia a estabilizarse 2,97, lo que no sucedió con las moras recubiertas con RC-CC, las cuales continuaron en aumento. Según González (2010) citado en el estudio de Ramírez. (2012), al igual que Han et al. (2004) reportan que el aumento en los valores de pH durante el almacenamiento demuestra el proceso de senescencia propia de la fruta. Como se puede evidenciar las moras recubiertas no evidenciaron un descenso de pH con lo que se ratifica el control de la fermentación (Figura 5(b)). Al ser el valor-P (0,0003) menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa. Por lo que se puede destacar que tanto BLANCO-RC-CC como BLANCO-RC-CM muestran diferencias estadísticamente significativas (-0,12 y -0,13) con un nivel del 95,0% de confianza (ANEXO N (b)).

Tabla 12. Evaluación de la calidad de los parámetros fisicoquímicos SST, pH, %ATT y %PP en frutos de mora recubiertos con RC-CM, RC-CC y su respectivo BLANCO

DIAS	%SST			Ph			%ATT			%PP		
	1	7	13	1	7	13	1	7	13	1	7	13
BLANCO	8,5	8,3	9,1	2,85	2,82	2,80	2,98	3,57	3,94	0,00	9,61	15,51
RC-CM	8,2	8,3	9,2	2,89	2,94	2,97	2,68	3,68	3,68	0,00	7,79	14,86
RC-CC	7,9	9,2	9,6	2,84	2,92	2,98	3,40	3,80	3,97	0,00	8,44	14,81

3.4.1.3. Acidez Titulable: El %ATT mostró aumento progresivo de los valores al transcurrir los días de almacenamiento en los diferentes tratamientos RC-CM, RC-CC y BLANCO, como se muestra en la Figura 5 (c). Se evidencia que el %ATT es mayor en el tratamiento RC-CC (3,4 a 3,97); en comparación con el BLANCO (2,98 a 3,94) y el RC-CM (2,68 a 3,68) (Tabla 12), los cuales presentan un aumento general, lo cual puede deberse a la concentración de los ácidos orgánicos presentes en la fruta, ya que no son utilizados como sustrato en el proceso respiratorio de la fruta. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los 3 tratamientos con un nivel del 95,0% de confianza ya que el valor-P (0,5421) de la razón-F fue mayor que 0,05 (ANEXO N(c)).

3.4.1.4. Pérdida de Peso: En la mora de castilla al igual que en los demás frutos o vegetales, la pérdida de peso es consecuencia directa de la disminución en su contenido de humedad (Kader, 1986); además algunos factores como la morfología del fruto (grosor y tipo de la cutícula) afectan la transferencia de masa del fruto recubierto durante el almacenamiento.

La Figura 5(d), muestra el %PP de los frutos de mora de castilla, en función del tiempo de almacenamiento. En donde se evidencia que en los frutos sin recubrir, fue siempre mayor, en comparación con los frutos recubiertos con RC-CM Y RC-CC. Indicando que los frutos con recubrimiento a base de gellan-caseina-glicerol, sirvieron como barrera contra la humedad. Se observa que al aumentar el tiempo de almacenamiento el %PP incrementa de manera significativa ($P < 0.05$).

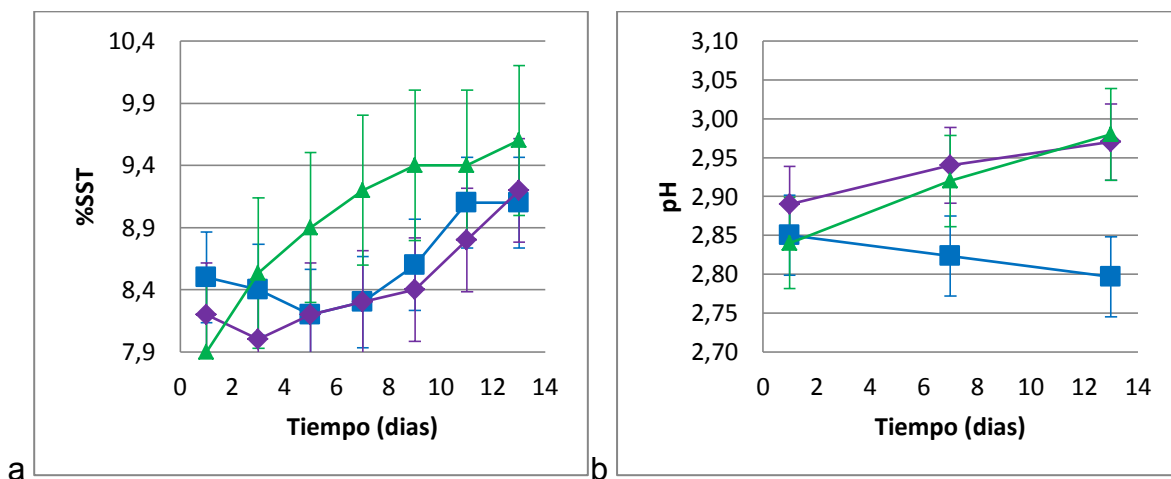
Con respecto al blanco RC-CM y RC-CC tienen un porcentaje de reducción en %PP de 4,17% y 4,51% respectivamente, está incidiendo entonces el grado de madurez de recolección teniendo en cuenta que se generaron condensados en forma de vapor de agua por transpiración mantenidos dentro del empaque durante el tiempo de evaluación y no jugo de cada frutilla, debido a la acción de barrera que ejerce sobre el transporte de masa y difusión del vapor de agua de los recubrimientos aplicados; estos tratamientos no afectan la apariencia de venta del producto empacado en la tarrina debido a que es muy poca la cantidad de lixiviados presentes y como se mencionó anteriormente las características son buenas ya que mejoran la presentación el color y la calidad de la mora al pasar por más de 7 días en refrigeración.

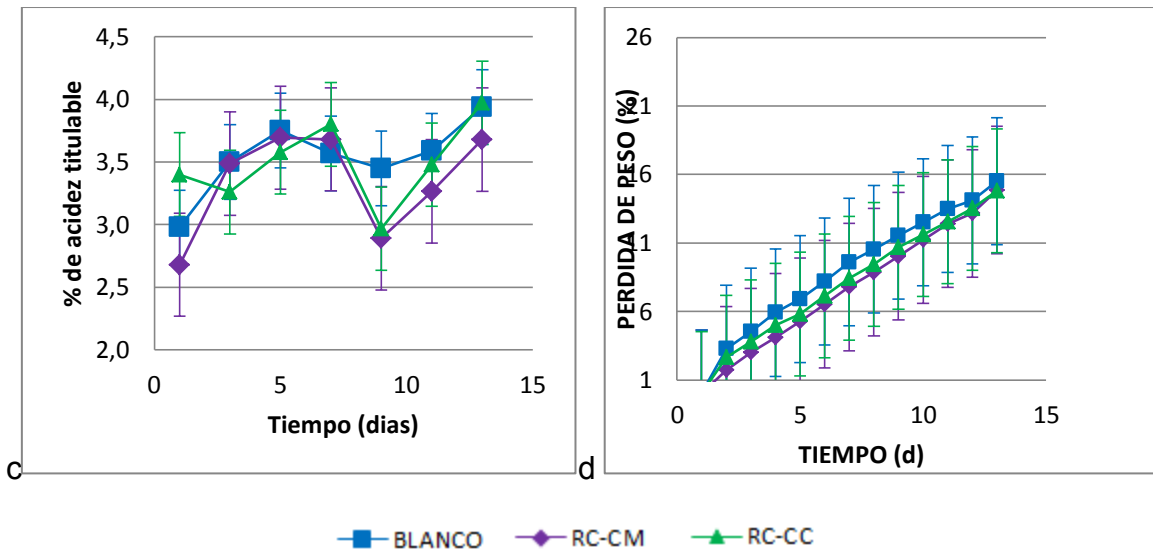
Los frutos recubiertos con RC-CM y RC-CC, perdieron menos peso que el control, lo cual puede atribuirse a la barrera que ejerce sobre el transporte de masa y difusión del vapor de agua del polisacárido (goma—gellan) Según referentes teóricos este compuesto se caracteriza por su efectividad contra el paso de vapor de agua (Tapia, Rojas, Rodríguez, Ramirez, Carmona & Martin, 2007), mientras el glicerol y aceite de canola que poseen ácidos grasos le brinda propiedades hidrófobas (Ghasemlou, et al

2011), por lo que se debe tener en cuenta que un incremento en la concentración del plastificante mejora la extensibilidad de la película, pero disminuye la dureza mecánica y la permeabilidad al vapor de agua (Yang & Paulson. 2000)

El %PP al finalizar el almacenamiento, fue de 18,33% para los frutos control, 17,42% para los frutos recubiertos con RC-CM y de 17,35% para los frutos recubiertos con RC-CC, bajo condiciones de refrigeración a 3°C y de 79+/- 10 %HR, los diferentes tratamientos no poseen un efecto significativo sobre esta variable.. El análisis de varianza no arrojó diferencias estadísticamente significativas para estos resultados, pues el valor-P (0,7619) de la razón-F fue mayor que 0,05, con un nivel del 95,0% de confianza (ANEXO N(d)).

Figura 5. Comportamiento de la valoración fisicoquímica en la calidad de frutos de mora recubiertos con RC-CM y RC-CC y su testigo, empacadas en atmósfera modificada pasiva y almacenada bajo condiciones de refrigeración





a. Porcentaje de solidos solubles totales (%SST) b. Cambios en el pH c. Relación del %ATT de los tratamientos evaluados d. Porcentaje de las pérdidas de peso

3.4.2. Parámetros colorimétricos

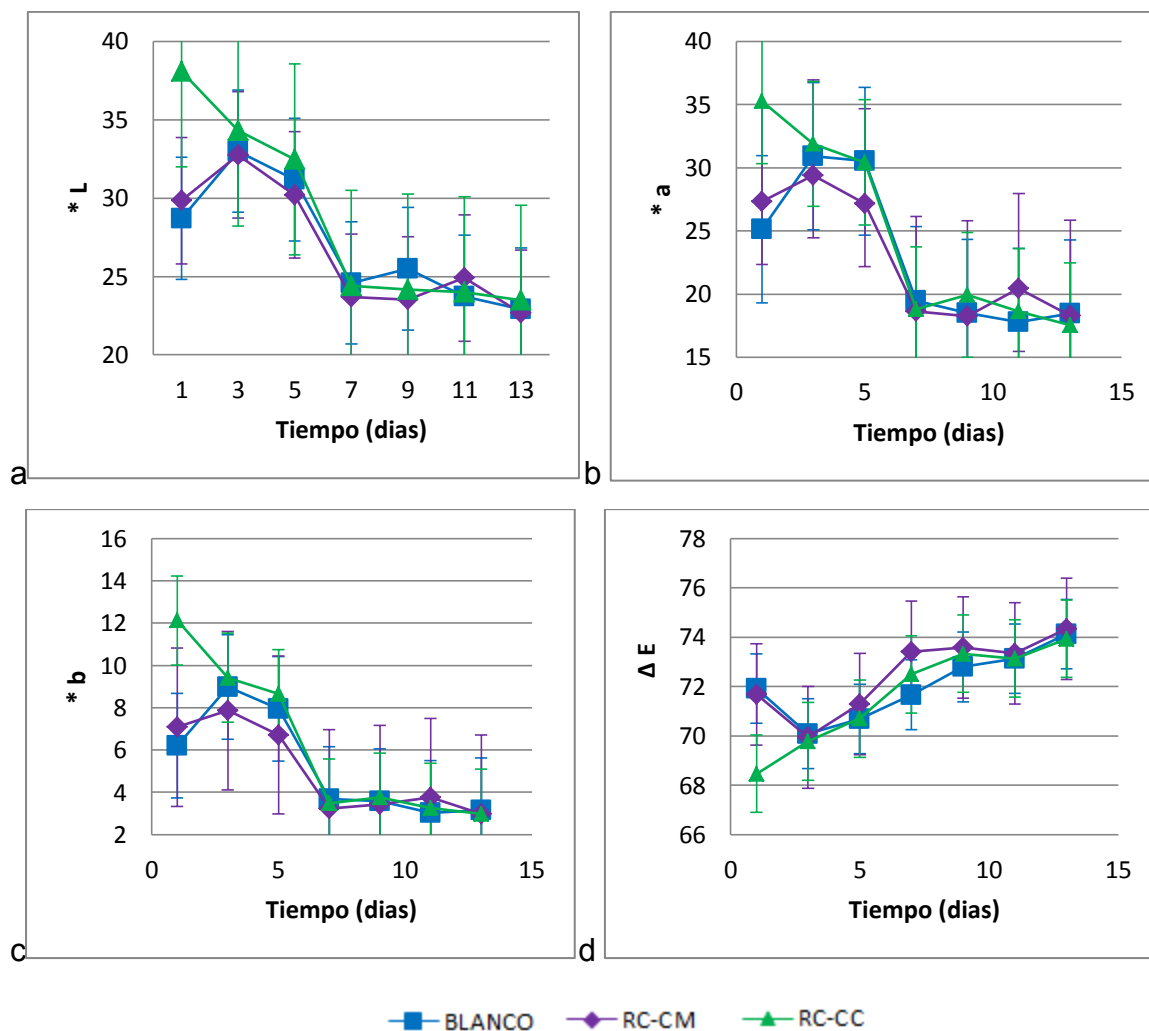
3.4.2.1. Índice de Color: La Figura 6 muestra la evolución de las coordenadas de color, (L^* ; a^* , b^* y ΔE) de las moras recubiertas con RC-CM y RC-CC y su respectivo control, a lo largo de los 13 días de almacenamiento a una temperatura de $3 \pm 1^\circ\text{C}$, $75 \pm 5\% \text{HR}$, estos cambios evidenciaron una disminución en los valores de L^* , a^* , b^* y un aumento en los valores de ΔE muestra que los recubrimientos tuvieron un efecto en la conservación del color rojo de los frutos de mora, dando lugar a muestras más oscuras.

Es evidente la reducción de L^* como lo indica la Figura 6 (a) lo que nos indica una pérdida en el brillo por reacciones de pardeamiento oxidativo y también pérdida de humedad en los frutos de mora a media que transcurrió el tiempo de almacenamiento, al final del estudio el tratamiento que presento un valor más alto de L^* fue RC-CC aunque no se evidencia diferencias significativas con respecto al RC-MC y el blanco, los cuales presentaron menor brillo, según sus valores de desviación estándar 6,0859, 4,0287 y 3,9094, respectivamente. Teniendo en cuenta que a^* define el componente rojo-verde, rojo para valores positivos y verde para valores negativos, los resultados

muestran que los recubrimientos tuvieron un efecto en la conservación del color rojo de los frutos de mora, dando lugar a muestras color rojo mas intenso, al igual que el blanco que fue el tratamiento que arrojó los valores más altos para *a como se evidencia en la Figura 6 (b). En general en la Figura 6 (c) se evidencia en los frutos de los tres tratamientos (BLANCO, RC-CM Y RC-CC) una disminución de los valores de *b (cambio de amarillo a azul) del día 1 al 7 aproximadamente, a partir del día 7 hasta el día 13 se mantuvieron prácticamente estables, esta disminución representó un oscurecimiento en las tres muestras. Por otro lado ΔE (diferencia total de color) que se muestra en la Figura 6 (d), permite describir los cambios del color percibidos en los frutos, en este caso, la diferencia total de color fue siempre mayor en RC-CM, en el cual se percibe un mayor cambio en la tonalidad del color de los frutos de mora y esto se debe al ligero aspecto blanquecino aportado por el recubrimiento, seguido del BLANCO.

En general no existieron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) para *L P (0,7268), *a P (0,8278), *b P (0,6971) y ΔE P (0,6691) respectivamente entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza (Anexo Ñ), ya que los frutos de mora con RC-CM y RC-CC y BLANCO tuvieron tendencias similares en cada uno de los parámetros evaluados. Los frutos de mora con el recubrimiento con RC-CC reflejaron un mayor aporte al retardar los cambios bioquímicos ya que actúan como barrera, alterando la permeabilidad a los gases y retrasando los cambios del color externo e interno de la fruta con respecto a los demás tratamientos, en cuanto a la extensión de la vida útil de los frutos de mora.

Figura 6. Evolución de los parámetros de color *L(a), *a (b), *b (c) y ΔE (d) de los diferentes tratamientos (blanco, RC-CM y RC-CC) durante los 13 días de almacenamiento a 3°C.



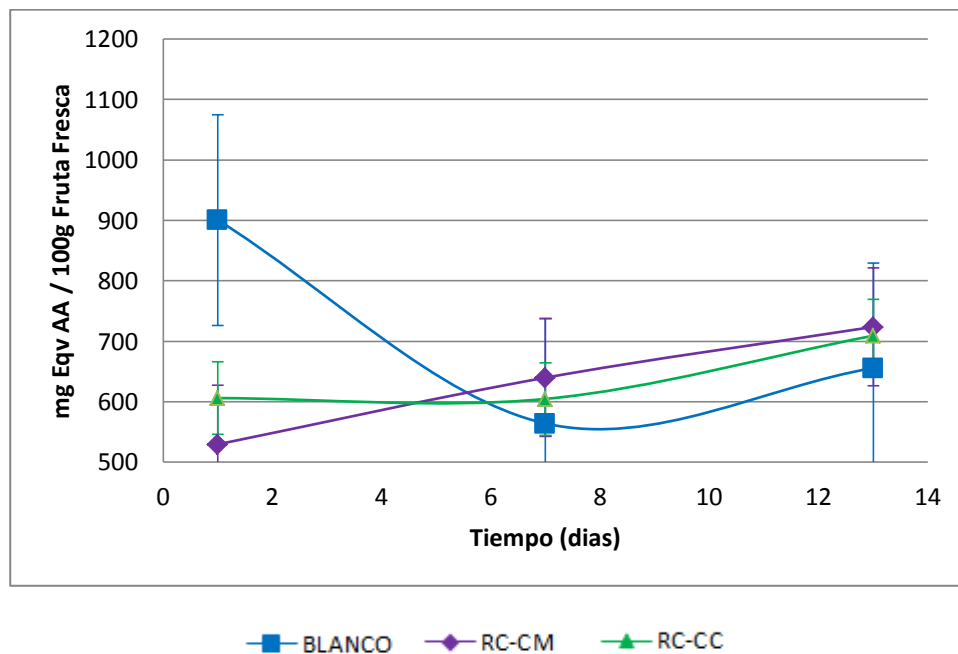
3.4.3. Parámetros Funcionales

3.4.3.1. Capacidad Antioxidante Total: El método aplicado del radical ABTS^{•+} es uno de los más aplicados, ya que se considera práctico, rápido y muy estable; los resultados obtenidos de la capacidad antioxidante dependen del tiempo que se escoja para realizar la medición en los espectros, en este caso el tiempo escogido fue de 6 minutos,

debido a que los valores de los extractos presentaban una mayor estabilidad en los resultados, según valoración previa. Para expresar los valores de la actividad antioxidante (AA) en unidades de un compuesto antioxidante conocido, se expresan en mg Eqv Ácido Ascórbico / 100g de Fruta Fresca; se realizó una curva de calibración (ANEXO O (a)).

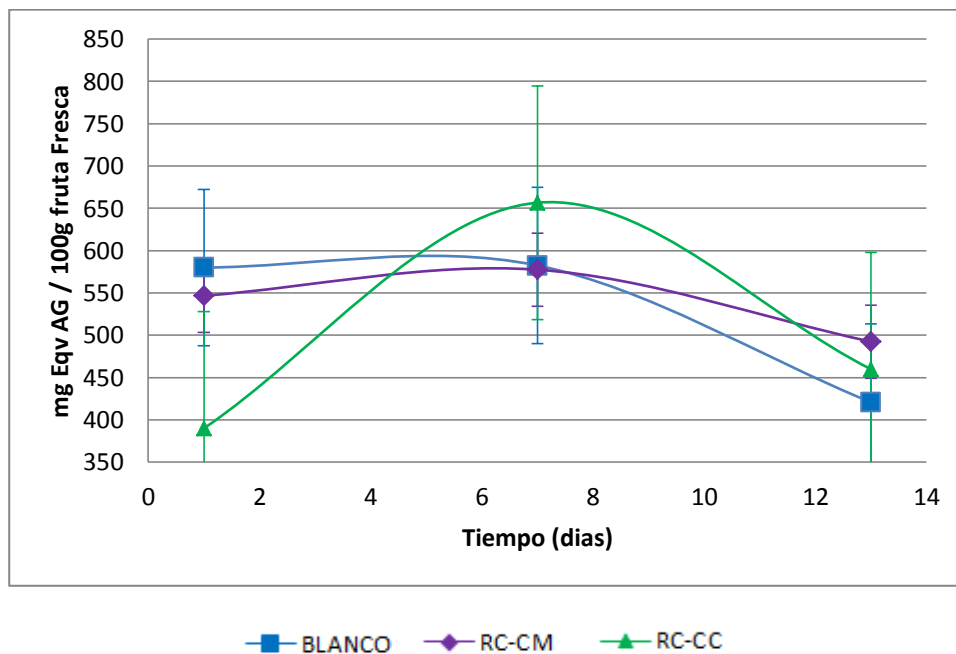
En la Figura 7 se detalla el efecto del tiempo de almacenamiento sobre la actividad antioxidante de las moras recubiertas con RC-CM y RC-CC y su respectivo blanco; en donde se observa, que al aumentar los días tanto el RC-CM como el RC-CC aumentan su AA hasta el final del estudio, pasando de 529.49 a 723.76 y de 605.96 a 709.19 respectivamente; por el contrario el blanco presenta un comportamiento diferente con una disminución de su AA desde el primer día hasta el último de 900.44 a 655.70. Vale la pena resaltar que RC-CM es el tratamiento que mayor contenido de AA, seguido del RC-CC y por último el BLANCO. Probablemente el incremento en la AA de los diferentes tratamientos, se encuentre directamente relacionado con el transcurrir del tiempo del almacenamiento, por lo que se ve relacionado con la calidad de las moras recubiertas las cuales presentaron un sistema de defensa contra los agentes oxidantes, lo que se vio reflejado en el retraso del deterioro de los frutos. Por lo tanto también se puede concluir con respecto al BLANCO que este empezó a tener un proceso de degradación de los compuestos antioxidantes por la interacción con el oxígeno haciendo que su AA disminuyera por la descomposición química de los correspondientes cromóforos al ser atacados por los compuestos con actividad antioxidante de los frutos como lo explica Sánchez, 2012, en donde sus moras presentaron este mismo comportamiento, haciendo que fuera menor a los tratamientos con recubrimientos (RC-CM y RC-CC).

Figura 7. Efecto del tiempo de almacenamiento, sobre la actividad antioxidante en la mora de castilla con recubrimiento a base de RC-CM y RC-CC y el BLANCO



3.4.3.2. Fenoles Totales: La curva de calibración empleada en este estudio se muestra en el ANEXO O(b). Por otro lado en la Figura 8 se presenta el efecto del tiempo de almacenamiento, sobre el contenido de compuestos fenólicos en los extractos de la mora de castilla con recubrimiento a base de RC-CM y RC-CC y el BLANCO cuya concentración de fenoles se reportó en términos de concentración equivalente de ácido gálico por 100 g de fruta fresca; de manera general se puede decir que todos los extractos contienen compuestos fenólicos en cantidades significativas

Figura 8. Efecto del tiempo de almacenamiento, sobre el contenido de compuestos fenólicos en la mora de castilla con recubrimiento a base de RC-CM y RC-CC y el BLANCO



En el primer día de la extracción de los compuestos fenólicos del BLANCO y de las moras recubiertas con RC-CM presentaron mayor contenido de compuestos fenólicos (579,92 y 546,58 mg Eqv AG / 100 g de fruta fresca) en comparación con las moras con recubiertas con RC-CC (388,92 mg Eqv AG / 100 g de fruta fresca), ya en el séptimo día de almacenamiento se puede observar que a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, el contenido de compuestos fenólicos aumenta para las moras recubiertas con RC-CC con un incremento de 266,67 mg Eqv AG / 100 g de fruta fresca en comparación con RC-CM y el blanco que fueron en menor proporción a la anterior 30,83 y 2,50 mg Eqv AG / 100 g de fruta fresca, respectivamente. Este aumento en el contenido de fenoles totales se puede atribuir a una mayor actividad enzimática en la biosíntesis de compuestos fenólicos como ha reportado Angulo (2013), en su estudio sobre la mora de castilla. Además un alto contenido de fenoles se evidencia en la calidad, aceptabilidad y estabilidad de los alimentos ya que actúan como colorantes y antioxidantes en la fruta (Martínez, Perigao & Ros, 2000). A partir del séptimo día hasta el último día de almacenamiento, se observa que con el paso del

tiempo de almacenamiento, al encontrarse los frutos en un estado de sobre maduración, el contenido de compuestos fenólicos en los extractos de los tres tratamientos, disminuyeron, probablemente debido a la degradación de los compuestos fenólicos presentes en los frutos cuando se encuentran en este estado; este fenómeno podría explicarse por el alto metabolismo oxidativo en la sobremadurez del fruto provocado por la polifenoloxidasas y peroxidasas (enzimas que degradan los compuestos fenólicos)

3.4.3.3. Antocianos Monoméricos Totales: Como se explicó en la metodología, el contenido final de antocianos monoméricos totales (AMT), son el resultado de someter los antocianos contenidos en las muestras en estudio (BLANCO, RC-CM y RC-CC) a pH ácidos y básicos, ocasionando una alteración por los cambios de los pH; es decir a pH 1.0 la absorbancia es mayor que a pH 4.5 ya que a este pH se presenta una decoloración de dichos compuestos, estos resultados se pueden evidenciar en la Tabla 13.

Tabla 13. Valores de las absorbancias a diferentes pH para los extractos de la mora de castilla con recubrimiento a base de RC-CM y RC-CC y el BLANCO

		pH 1,0		pH 4,5	
		520 nm	700 nm	520 nm	700 nm
BLANCO	DIA 1	0,300	0,023	0,069	0,019
	DIA 7	0,196	0,012	0,045	0,012
	DIA 13	0,263	0,021	0,067	0,022
RC-CM	DIA 1	0,260	0,017	0,059	0,016
	DIA 7	0,246	0,019	0,057	0,017
	DIA 13	0,278	0,024	0,067	0,021
RC-CC	DIA 1	0,156	0,019	0,044	0,015
	DIA 7	0,200	0,018	0,049	0,015
	DIA 13	0,284	0,018	0,065	0,019

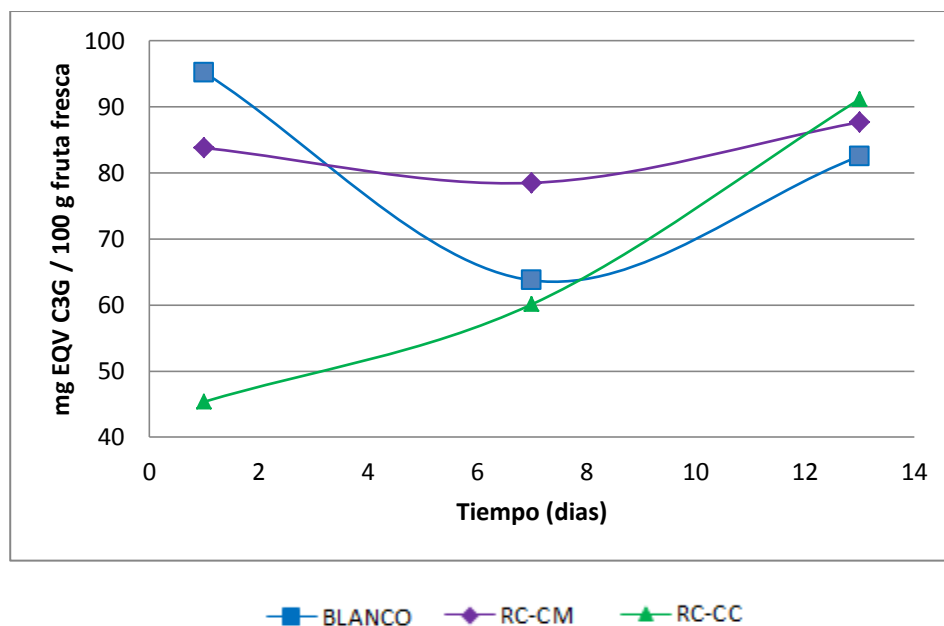
En la Figura 9 se evidencia la evolución del contenido de AMT en cada uno de los tratamientos durante los días evaluados; este contenido está expresado en mg Equivalentes de cianidina 3-glucósido/ 100 g de fruta fresca, obtenidos con base en el

método del pH diferencial. En relación con el tiempo se puede decir que el BLANCO y el RC-CM presentan una disminución en el contenido de AMT del día 1 al día 7, en donde la disminución es mayor en el BLANCO pasando de 95.18 a 63.73 que el RC-CM que paso de 83.77 a 78.48. A diferencia del extracto de RC-CC que incremento su contenido de 45.37 a 60.12.

Para BLANCO y RC-CM a partir del día 7 hasta el día 13, incrementaron de nuevo su contenido al igual que el RC-CC que no disminuyó desde el primer día; 63.73 a 82.52; de 78.48 a 87.67 y de 60.12 a 91.15, respectivamente; este incremento se debe a una mayor estabilidad con el ambiente es decir pH, temperaturas de almacenamiento, presencia de enzimas, luz, oxígeno, que no afectaron ni degradaron los compuestos presentes en los extractos evaluados.

De manera general solo el BLANCO presento una disminución en el contenido de AMT desde el primer día hasta el último día; por el contrario los tratamientos con RC-CM y RC-CC aumentaron significativamente sus valores, siendo más evidente el aumento para RC-CC como se había mencionado anteriormente. La reducción en la concentración de antocianos en el blanco, se debe probablemente a la degradación de los compuestos antocianos por la oxidación, al no tener éste recubrimiento.

Figura 9. Efecto del tiempo de almacenamiento, sobre el contenido de antocianos monoméricos totales en la mora de castilla con recubrimiento a base de RC-CM y RC-CC y el BLANCO



En general el ANOVA estableció con respecto a los tratamientos estudiados que no existen diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$), para los valores promedio de AA ($P > 0,7147$), FT ($P > 0,8996$) y AMT ($P > 0,4212$) con un nivel del 95,0% de confianza respectivamente (ANEXO P)

3.4.4. Parámetros microbiológicos: Como se puede observar en la Tabla 14 se registran los resultados del análisis microbiológico realizado a las muestras en los diferentes tiempos de almacenamiento 1,7 y 13 día, en ella se puede evidenciar que durante todo el análisis, en cuanto a Coliformes y E.coli no evidencian crecimiento alguno; por otro lado los mohos, levaduras y microorganismos mesófilos presentan ciertos cambios en el estudio y la Figura10 permite observar de manera detallada el aumento o disminución de cada uno de los microorganismos en las muestras.

Tabla 14. Recuento microbiano en moras sin recubrir BLANCO y recubiertas con RC-CM y RC-CC, almacenadas a 3°C y de 70 a 80% HR durante 13 días.

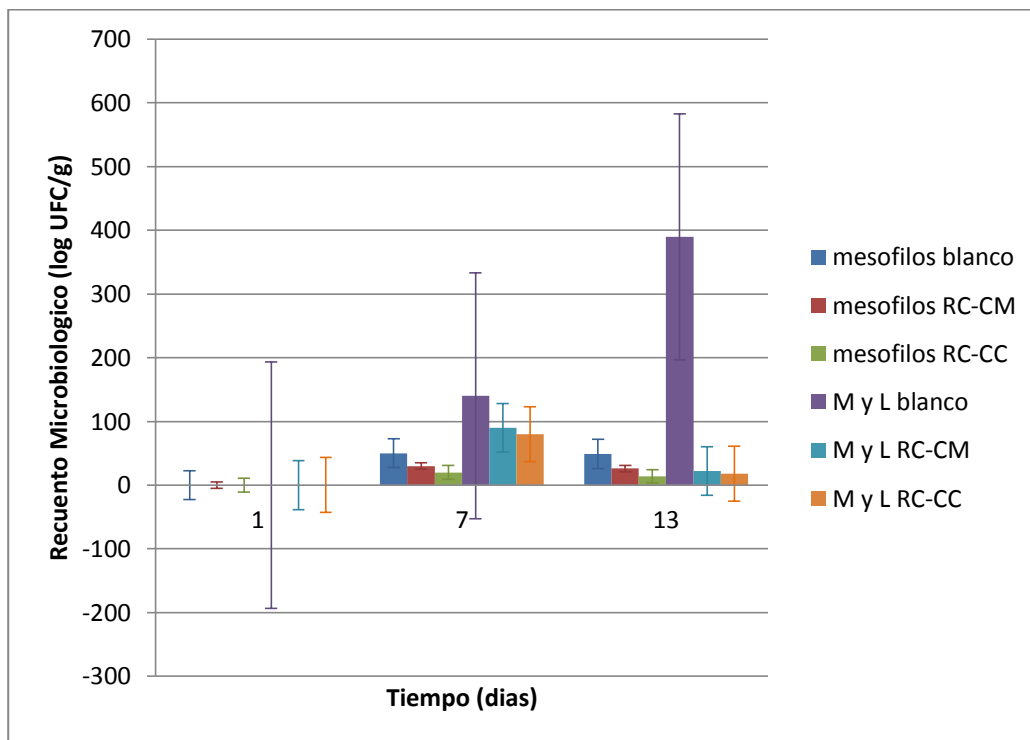
MUESTRA	PRUEBA	MÉTODO UTILIZADO	DÍAS		
			1	7	13
BLANCO	U.F.C. COLIFORMES/G	sustrato definido simplete	<10	<10	<10

	U.F.C. E. COLI/G	sustrato definido simplete	<10	<10	<10
	U.F.C. MESÓFILOS/G	Plate Count	<10	50	49
	U.F.C. MOHOS Y LEVADURAS/G	O.G.Y.	<10	140	390
RC-CM	U.F.C. COLIFORMES/G	sustrato definido simplete	<10	<10	<10
	U.F.C. E. COLI/G	sustrato definido simplete	<10	<10	<10
	U.F.C. MESÓFILOS/G	Plate Count	<10	30	26
	U.F.C. MOHOS Y LEVADURAS/G	O.G.Y.	<10	90	22
RC-CC	U.F.C. COLIFORMES/G	sustrato definido simplete	<10	<10	<10
	U.F.C. E. COLI/G	sustrato definido simplete	<10	<10	<10
	U.F.C. MESÓFILOS/G	Plate Count	<10	20	14
	U.F.C. MOHOS Y LEVADURAS/G	O.G.Y.	<10	80	18

En comparación con BLANCO, RC-CM y RC-CC inhibieron significativamente ($p < 0,05$) el crecimiento de mohos, levaduras y mesófilos, aunque no hubo una inhibición completa; comparando el BLANCO con el RC-CM este redujo en mohos y levaduras un 35,71% el día 7 y un 84,29% el día 13 y para mesófilos un 78,57% y un 81,43% respectivamente. Al igual que al comparar el BLANCO con el RC-CC este redujo para mohos y levaduras un 42,86% el día 7 y un 87,14% el día 13 y para mesófilos un 85,71% y un 90% respectivamente. Es evidente que la estabilidad microbiológica de las moras en estudio se mantuvo y se prolongó de manera positiva durante todo el periodo del almacenamiento manteniendo sus características ideales; las moras recubiertas presentaron una disminución en el crecimiento microbiano debido a las propiedades antifúngicas de la natamicina y a que no todos los microorganismos crecen en el mismo rango de temperatura, en comparación con el blanco que incremento el número inicial

de UFC de mesófilos y en especial de mohos y levaduras, vale la pena resaltar que el tratamiento RC-CC es más efectivo que el RC-CM ya que el calcio que este contiene puede evitar el incremento en la población de mohos y levaduras. De manera general el ANOVA indico que con respecto a los Mesófilos, Mohos y Levaduras no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los 3 tratamientos con un nivel del 95,0% de confianza, puesto que los valores-P de las razones-F fueron mayores que 0,05 tanto para Mesófilos (P0,2665) como para Mohos y Levaduras (P0,2997) (ANEXO Q)

Figura 10. Recuento microbiológico (hongos, levaduras y microorganismos mesófilos) de BLANCO, RC-CM Y RC-CC durante el período de almacenamiento.



4. CONCLUSIONES

-Aunque las películas de proteínas son pobres barreras al vapor de agua debido a la alta hidrofobicidad inherente de las proteínas, en las formulaciones formadoras de PC la presencia de iones de calcio en el caseinato de calcio (RC-CC), favorece el entrecruzamiento de moléculas entre ellas, lo que limita el espacio intermolecular, disminuyendo así un poco la WVP

-A causa de la degradación del almidón en azúcar, el fruto se vuelve más dulce es decir que presente altos %SST, esto hizo que los 3 tratamientos BLANCO, RC-CC y RC-CC presentan un aumento en %SST, como consecuencia del avance de la maduración, a pesar de eso, los tratamientos RC-CM y BLANCO mantuvieron más bajos los °Brix, como consecuencia de una degradación lenta de este carbohidrato de cadena larga

-Se logró conservar por un periodo de 13 días a la mora de castilla con los recubrimientos RC-CM y RC-CC, resaltando que Los frutos de MC con el RC-CC reflejaron un mayor aporte con respecto a los demás tratamientos, en cuanto a la extensión de la vida útil.

-Los recubrimientos comestibles de RC-CC y RC-CM, sirvieron como barrera contra la humedad, al disminuir el porcentaje de pérdida de peso de las moras recubiertas, aunque no hubo diferencia significativa entre cada tratamiento.

-La incorporación de glicerol y aceite de Canola en la formulación de los recubrimientos, así haya sido en una baja concentración, le confirió propiedades de barrera a la transferencia de vapor de agua

-Las PC sumergidas en agua a pH 7, al cabo de 60 segundos absorben la misma cantidad de agua que al transcurrir 1 hora.

-Las PC mantuvieron su integridad a pesar de que si se hincharon fácilmente al contacto con el agua, lo que quiere decir que la matriz polimérica es estable.

-Los frutos sin recubrir BLANCO, tuvieron una mayor deshidratación, como consecuencia de la pérdida de agua por transpiración y respiración, estas muestras dejaban de presentar características de calidad al 9 día. Esto significa que el uso de RC a base de caseinato de calcio y caseína de grado analítico, extendió la vida útil de la mora de Castilla por lo menos en un 69%.

-La aplicación de los RC estudiados mejoraron la calidad pos cosecha de las moras de castilla, reduciendo la pérdida de calidad, infestación por hongos, levaduras y mesófilos, pérdidas por lixiviación y corta duración de la vida útil de mora de castilla producida en la región,

-El uso del agente antimicrobiano natamicina, confiere excelente actividad antifungica ante el crecimiento microbiano y la incorporación de caseinato de calcio en las formulaciones hace que sea RC-CC el tratamiento más efectivo para evitar el incremento en la población de mohos y levaduras, debido al aporte de Calcio por parte de este recubrimiento

-La goma gellan posee buenas propiedades estructurales y emulsificantes, combinada con proteínas como la caseína, brindándole una alta estabilidad a las emulsiones en las que es incorporada.

-Al finalizar el almacenamiento se observó un notable incremento en la AA de los frutos con recubrimiento comestible (RC-CM y RC-CC). Este resultado evidencia que las formulaciones de recubrimientos favorecen el incremento de la capacidad antioxidante de la fruta en comparación con el BLANCO, este comportamiento es similar con los fenoles y los AMT en donde el BLANCO es el que menos cantidad presenta y el tratamiento RC-CM es el que mayor contenido de fenoles presenta; esta disminución de los valores en el BLANCO puede asociarse al deterioro de los frutos a lo largo del almacenamiento, ya que los frutos recubiertos presentaron una mayor conservación en

su calidad permitiendo que hubiera una mayor concentración de estos componentes en las fruta.

RECOMENDACIONES

- Evaluar el efecto de una mayor concentración de sustancias hidrofóbicas y el empleo del resveratrol en los RC-CC y RC-CM como factores esenciales de barrera al vapor de agua y disminución del crecimiento microbiológicos
- Cuantificar la tasa de respiración en frutos de mora de castilla recubiertos con RC-CM y RC-CC.
- Evaluar la aplicabilidad de los recubrimientos RC-CM y RC-CC, en otros frutos similares y determinar sus relaciones y diferencias en la evaluación de la calidad fisicoquímica, microbiológica y funcional.
- Determinar el grado de aceptación de estas tecnologías por parte del consumidor final e industrial

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abraján V. M. (2008). *Efecto del método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del nopal (opuntia ficus-indica) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible*. (Tesis Doctoral). Departamento de tecnología de alimentos: Universidad politécnica de valencia, Valencia, España. Recuperado de <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/3794/tesisUPV2920.pdf?sequence=1>

Aguilar, M. A., San Martín, E., Espinoza, N. L., Sánchez, M., Cruz, A & Ramírez, M. E. (2012). Caracterización y aplicación de películas a base de gelatina carboximetilcelulosa para la preservación de frutos de guayaba. *Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales. Superficies y Vacío* 25(1) 1-7. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94224536001>

Amaya, P., Peña, L., Mosquera, A., Villada, H. & Villada, D. (2010). Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum* mill). *Revista Dyna*. 2010. Vol. 162, p. 67-73. Recuperado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/15776/16694>

Angulo J. (2013). *Efecto de la radiación uv-c sobre el contenido de compuestos antioxidantes de mora de castilla (rubus glaucus) sin espinas*. (Tesis Pregrado). Facultad de Ciencias de la Ingeniería: Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito. Recuperado de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14921/1/50538_1.pdf

Arnao, M.B. (2000). Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. *Trends Food Sci. Technol.*, 11, 419-421. DOI: 10.1016/S0924-2244(01)00027-9

Arsenio M. Fialho, Leonilde M. Moreira, & Ana Teresa Granja. (2008). Occurrence, production, and applications of gellan: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 79(6): 889-900. DOI: 10.1007/s00253-008-1496-0.

Avena-Bustillos, R.J & Krochta, J.M. (1993). Water Vapor Permeability of Caseinate-Based Edible Films as Affected by pH, Calcium Crosslinking and Lipid Content. *Journal of Food Science*. 58(4):904–907. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1993.tb09388.x

Avila, A.J. Costamagna, V. Barrientos, E. Pucci, G Sánchez, E., & Strumia M. C. (2009). Películas de quitosano con sorbato de potasio unido física y covalentemente. Estudios de aplicación. *Revista Iberoamericana de Polímeros* 11(2), 73-87 recuperado de <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/MAR10/avila.pdf>

Ayranci, E. & Tunc, S. (2001). The effect of fatty acid content on water vapour and carbon dioxide transmissions of cellulose-based edible films. *Food Chemistry* 72(2), 231-236. DOI: 10.1016/S0308-8146(00)00227-2

Azarakhsh N, Osman A, Ghazali HM, Tan CP, & Mohd Adzahan N. (2012). Optimization of alginate and gellan-based edible coating formulations for fresh-cut pineapples. *International Food Research Journal* 19(1), 279-285. Recuperado De [http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20\(01\)%202011/\(37\)IFRJ-2011-139%20Azizah.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20(01)%202011/(37)IFRJ-2011-139%20Azizah.pdf)

Baldwin, E. A., Nisperos, M. O. Hagenmaier, R. D., & Baker, R.E. (1997) Use of lipids in coatings for food products. *Food Technology* 51(6), 56-64.

Benvenuti, S., Pellati, F. Melegari, M., & Bertelli, D.(2004). Polyphenols, Anthocyanins, Ascorbic Acid, and Radical Scavenging Activity of Rubus, Ribes, and Aronia. *Journal of Food Science*. Vol. 69, (3). FCT164–FCT169. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.tb13352.x

Bertoni F, Barbani N, & Giusti P. (2006). Transglutaminase reactivity with gelatine: perspective applications in tissue engineering. *Biotechnol Lett*; 28, 697–702. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16791723>

Biquet, B. & Labuza, T.P. (1988). Evaluation of the moisture permeability of chocolate films as edible moisture barrier. *Journal of Food Science*, 53, 989-991. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1988.tb13516.x

Bohórquez Pérez, Y. & Valenzuela Real. C. P. (2003). Manejo postcosecha, transformación y capacitación en frutas para jóvenes del Cañón del Combeima de Ibagué. Proyecto: Servicios Integrados para Jóvenes del Cañón del Combeima. Universidad del Tolima, Banco Mundial y Alcaldía de Ibagué. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/96821001/Manejo-y-Postcosecha-y-Procesamiento-De>

Bonilla, J., Atarés, L., Vargas, M. & Chiralt, A. (2012). Edible films and coatings to prevent the detrimental effect of oxygen on food quality: Possibilities and limitations. *Journal of Food Engineering*. 110(2):208-213. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.05.034

Bosquez E. (2003). *Elaboración de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para reducir la cinética de deterioro en fresco del limón persa (Citrus latifolia Tanaka)*. (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma Metropolitana. Mexico D.F. recuperado de <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r50287.PDF>

Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal* 15(3), 237-248. Recuperado de <http://psasir.upm.edu.my/732/1/Bourtoom,%2520C.pdf>

Bourtoom, T. (2009). Edible protein films: properties enhancement. *International Food Research Journal*. 16(1):1-9. Recuperado de

[http://www.ifrj.upm.edu.my/16%20\(1\)%202009/01%20IFRJ-2008-115%20Thawien%20Thailand%20FINAL.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/16%20(1)%202009/01%20IFRJ-2008-115%20Thawien%20Thailand%20FINAL.pdf)

Bozdemir, O. & Tutas, M. (2003). Plasticizer effect wáter vapour permeability properties of locust vean gum-based edible films. *Turkish Journal of Chemistry*. 27 (6):773-782. Recuperado de <http://journals.tubitak.gov.tr/chem/issues/kim-03-27-6/kim-27-6-14-0303-25.pdf>

Bravin, B., Peressini, D., & Sensidoni, A. (2006). Development and application of polysaccharide-lipid edible coating to extend shelf-life of dry bakery products. *Journal of Food Engineering*. 76(3), 280–290. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.05.021

Cáceres, I.; Mulkay, T.; Rodríguez, J.; Paumier, A.; & Sisino, A. (2003). Influencia del encerado y tratamiento térmico en la calidad postcosecha del mango. *Revista Simiente* 73(1/2), 25-29. Recuperado de <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5010/cuf0125s.pdf>

Cadena, J.; Rodríguez, N.; Franco, G. & Gómez. C. (1999). Caracterización del germoplasma de cultivo de mora (*Rubus glaucus* Benth) mediante el DNA polimórfico aleatoriamente amplificado (RAPD's). Informe anual Convenio Corpoica Regional 9 y Sena Regional Caldas. 99, 11-19. Recuperado de <http://190.60.31.203:8080/jspui/bitstream/123456789/3970/1/151.pdf>

Casal Bejarano, C. (2010). *Caracterización de la radiación ultravioleta en la provincia de Huelva e incidencia en la productividad y el valor biotecnológico de cultivos de interés comercial*. (Tesis Doctoral). Departamento de Química y Ciencia de los Materiales: Universidad de Huelva. Huelva, España. Recuperado de <http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/2713/b15236572.pdf?sequence=1>

Casas-Alencáster, N. B. & Pardo-García D. G. (2004). Análisis de perfil de textura y propiedades de relajación de geles de mezclas almidón de maíz ceroso entrecruzado-

gelana. *Revista Mexicana De Ingenieria Química*. 4, 107-121. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/620/62040109.pdf>

Chandra, A; Nair, M; & Lezzoni, A. (1992). Evaluation and Characterization of Anthocyanin Pigments in Tart Cherries. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 40(6): 867-898. DOI: 10.1021/jf00018a010

Chandrasekaran, R. & Radha, A.. (1995). Molecular architectures and functional properties of gellan gum and related polysaccharides. *Trends in Food Science and Technology*; 6(5):143-9. DOI: 10.1016/S0924-2244(00)89022-6

Chen, G., Lu, F., & Du, L., (2008). Natamycin production by *Streptomyces gilvosporeus* based on statistical optimization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56 (13), 5057–5061. DOI: 10.1021/jf800479u

Chen, H. (1995). Functional Properties and Applications of Edible Films Made of Milk Proteins, *J. Dairy Sci.*, 78(11):2563–2583. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(95)76885-0

Cho SY, Park JW, & Rhee C. (2002). Properties of laminated films from whey powder and sodium caseinate mixtures and zein layers. *Lebensm.-Wiss. u.- Technol* 35:135-39. DOI: 10.1006/fstl.2001.0826

Choi W. S & Han J. H. (2002). Film-forming mechanism and heat denaturation effect on the physical and chemical properties of pea-protein-isolate edible films. *J. Food Sci.*, 67(4):1399-1406. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb10297.x

Contreras-Medellin, R. & Labuza T.P., (1981). Prediction of moisture protection requirements for foods. *Cereal Food World*, 26, 335-343.

De la Sotta, P., Becerra, S., & Paz, J. (2009). Films de caseína como agente protector en el traslado y manipulación de los productos de exportación de la industria

salmonera. Seminario de Procesos de Producción y Materiales Industriales II. Universidad De Chile.Santiago, Chile

Debeaufort, F., Quezada-Gallo J.-A. & Voilley, A. (1998). Edible films and coatings: Tomorrow's packagings: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 38(4): 299-31. DOI:10.1080/10408699891274219

Del Valle D, Hernández P, Guarda A, & Galotto M. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus Indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chem.*; 91 (4), 751-756.

Delves-Broughton J, Thomas LV,Williams G. (2006) Natamycin as an antimycotic preservative on cheese and fermented sausages. *Food Aust*; 58(1/2), 19–21. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.07.002

Di Rico, A.A. (2006). *Utilización de natamicina para la conservación de yogurth, zumos y pulpas de frutas*. (Tesis Pregrado). Facultad De Ciencias De La Ingeniería: Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito. Recuperado de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5323/1/28552_1.pdf

Diab T.; Biliaderis G. C.; Gerasopoulos D. & Sfakiotakis E. (2001) Physicochemical properties and application of pullulan edible films and coatings in fruit preservation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(10), 988-1000. DOI: 10.1002/jsfa.883

Dickinson, E. (1993).Towards More Natural Emulsifiers.*Trends Food Sci. Technol.* 4(10): 330-334. DOI: 10.1016/0924-2244(93)90103-H

El Ghaouth, A., J. Arul, R. Ponnampalam, & M. Boulet. (1991). Chitosan coating effect on storability and quality of fresh strawberries. *J. Food Sci.* 56(6):1618–1620. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1991.tb08655.x

Enciso, B. E. & Gomez, C. (2004). Comparación de las respuestas de cuatro cultivares de mora (*Rubus* sp.) a las variaciones del factor luz. *Agronomía Colombiana* 22(1):46-52. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180317823007>

Escobar, D., Sala, A., Silvera, C., Harispe, R., & Márquez, R. (2009). Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. *Revista Del Laboratorio Tecnológico Del Uruguay*. (4). Recuperado de <http://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTECH/article/viewFile/51/42>

Fakhouri F, Tanada-Palmu P, & Grosso, C. (2004). Characterization of composite biofilms of wheat gluten and cellulose acetate phtalate. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 21(2): 261-264. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/bjce/v21n2/a16v21n2.pdf>

Famá, L., Flores, S., Rojas, A., Goyanes, S., & Gerschenson, L. (2004). Comportamiento mecánico dinámico de películas comestibles a bajas temperaturas. Influencia del contenido de sorbato y grado de acidez Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y (CONICET). Congreso conamet/sam. 6p. recuperado de <http://www.materiales-sam.org.ar/sitio/biblioteca/laserena/30.pdf>

Fayaz, A.M., Balaji, K., Girilal, M., Kalaichelvan, P.T., & Venkatesan, R. (2009). Mycobased synthesis of silver nanoparticles and their incorporation into sodium alginate films for vegetable and fruit preservation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(14), 6246-6252. DOI: 10.1021/jf900337h.

Filgueiras H, Chitarra M, & Chitarra A. (1996). Armazenamento de ameixas sobre refrigeração e atmosfera modificada - 2: colapso interno (internal breakdown) e textura. *Rev Bras Frutic*. 18 (1), 129-135.

Forero De La Rotta, M.C & Muñoz V, H. (2001). Enfermedades de la mora de castilla. Boletín de Sanidad Vegetal N° 34 Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Produmedios. Bogotá. 36 p. recuperado de <http://www.ica.gov.co/getattachment/b7e061eb-ebd3-4f80-9518-c771712405eb/-nbsp;Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-la-mora.aspx>

Franco, G. & Giraldo, C. (2001). El cultivo de la mora, Manizales, corporación colombiana de investigación agropecuaria corpoica.3 ed. Recuperado de <http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/25938/25938.pdf>

Galiotta, G. Harte, F. Molinari, D. Capdevielle, R. & Diano, W. (2005). Aumento de la vida útil poscosecha de tomate usando una película de proteína de suero de leche. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 6(2): 117-123. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/813/81360209.pdf>

Galvis, J. & Herrera, A., (1995). "Manejo Poscosecha de Mora", Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

García, C. (2012). *Elaboración de un paquete tecnológico para productores, en manejo cosecha y poscosecha de mora (Rubus Glaucus Benth) aplicando ingeniería de calidad y determinación de las características nutraceuticas de la fruta en precosecha, en el municipio de Silvania – Cundinamarca*. (Tesis Pregrado). Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola Universidad Nacional de Colombia, Santa fe de Bogotá. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/8552/1/2822162.2012.pdf>

Gennadios A, Hanna MA, & Kurth LB. (1997). Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: A review. *Lebensm.-Wiss. u.- Technol* 30, 337-350.

Gennadios, A., Weller, C.L. & Testin, R.F. (1993). Property modification of edible wheat, gluten-based films. *American Society of Agricultural Engineering*. 36(2): 465- 470. Recuperado de

<http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1089&context=biosysengfacpub>

Gennadios, A., Weller, C. L. & Gooding, C. H. (1994). Measurement errors in water vapor permeability of highly permeable, hydrophilic edible films. *Journal of Food Engineering*. 21(4):395–409. DOI: 10.1016/0260-8774(94)90062-0

Ghasemlou, M., Khodaiyan, F., Oromiehie, A., & Yarmand, M. S. (2011). Development and characterization of a new biodegradable edible film made from kefiran, an exopolysaccharide obtained from kefir grains. *Food Chemistry*, 127(4): 1496–1502. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.02.003

Giusti MM. & Wrolstad RE. (2001). Unit F1.2: anthocyanins. Characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. *food analytical chemistry*. New York: John Wiley & Sons. p. F1.2.1–1.2.13. DOI: 10.1002/0471142913.faf0102s00

Gontard, N., Duchez, C., Cuq, J.L. & Guilbert, S. (1994). Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 29(1): 39-50. DOI: DOI: 10.1111/j.1365-2621.1994.tb02045.x

González C, Verónica M. (2010). *Conservación de mora, uvilla y frutilla mediante la utilización de aceite esencial de canela* (Cinnamomum zeynalicum). (Tesis Pregrado). Facultad de Ciencias: Escuela Superior Técnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/737/1/56T00255.pdf>

Greener, D.I. & Fennema, O. (1994). Edible Films and Coatings: Characteristics, Formation, Definitions and Testing Methods. En: *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. J.M. Krochta, E.A. Baldwin y M. Nisperos-Carriedo (Eds.) Technomic, Lancaster, Pensilvania, EUA.

Guilbert, S. (1986). Technology and Application of Edible Protective Films. *Food Packaging and Preservation. Theory and Practice*, ed., M. Mathlouthi, London: *Elsevier Applied Science*, pp. 371–394.

Guilbert, S. & Biquet, B. (1995). Edible films and coatings. *Food packaging technology*. Eds. Bureau G., Multon J.L. VCH Publishers, Inc, New York, USA. p. 315-353.

Guilbert, S.; Gontard, N. & Gorris, L. G. M. (1996). Prolongation of the shelflife of perishable food products using biodegradable films and coatings. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 29(1-2), 10-17. DOI: 10.1006/fstl.1996.0002

Hagenmaier, R. & Shaw, P. (1990). Moisture permeability of edible films made with fatty acid and hydroxypropyl methylcellulose. *Journal of Agriculture Food Chemistry* 38(9):1799- 1803. DOI: 10.1021/jf00099a004

Han, C., Zhao, Y., Leonard, S.W. & Traber, M.G. (2004). Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*). *Postharvest Biology and Technology*, 33(2004): 67-78. Recuperado de http://e-ope.ee/_download/euni_repository/file/1629/Aiasaaduste_sailitamine.zip/Aiasaaduste_sailitamine/REPOSITOORIUMISSE/Seminariteemad/Soodavad_katted_maasikal_ja_vaarikal.pdf

Heng P. W. S., Chan L. W. & Ong K. T. (2003). Influence of storage conditions and type of plastizer on ethylcellulose and acrylate films formed from aqueous dispersions. *J. Pharm. Pharmaceut. Sci.*, 6(3):334-344. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14738714>

Hernández-Muñoz P, Kanavouras A, Ng P, & Gavara R. (2003). Development and characterization of biodegradable films made from wheat gluten protein fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(26): 7647-7654. DOI: 10.1021/jf034646x

Hood, L.L. (1987). Collagen in sausage casings. *Adv. Meat Res.*, 4, 109- 129.

Hutchings, J.B. (1999). *Food Color and Appearance*, 2nd ed. Ed. Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland, USA.

Irissin-Mangata, J., Bauduin, G., Boutevin, B., & Gontard, N. (2001). New plasticizers for wheat gluten films. *European Polymer Journal*, 37(8), 1533–1541. DOI: 10.1016/S0014-3057(01)00039-8

Jansson, P. E., Lindeberg, B., & Sandford, P. A. (1983). Structural studies of gellan gum, an extracellular polysaccharide elaborated by *Pseudomonas elodea*. *Carbohydrate Research*, 124(1), 135-139. DOI: 10.1016/0008-6215(83)88361-X

Johnston-Banks, F. A. (1990). Gelatin. In P. Harris (Ed.), *Food Gels*. (pp 233- 289). London: Elsevier.

Kader, A. (1986). Effects of postharvest handling procedures on tomato quality. *Acta Horticulturae* 190: 209-217. Recuperado de <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-213.pdf>

Kader, A. (2007). Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas. Centro de Información e Investigación en Tecnología Poscosecha. California. Recuperado de <http://postharvest.ucdavis.edu/files/95948.pdf>

Kang, K. S., Veeder, G. T., Mirrasoul, P. T., Kaneko, T., & Cottrell, I. W. (1982). Agar-like polysaccharide produced by a *Pseudomonas* species: production and basic properties. *Applied Environmental Microbiology*, 43(5): 1086–1091. Recuperado de <http://aem.asm.org/content/43/5/1086.full.pdf>

Kaplan, H.J. (1986). Washing, Waxing and Color Adding. *Fresh Citrus Fruits*. W.F. Wardowski, S. Nagy y W. Grierson, eds., Westport, CT: *AVI Publishing Co.*, pp. 379-395.

Kester, J.J. & Fennema, O.R. (1986). Edible films and coatings: A review. *Food Technology*, 40(12), 47-59.

Klose, A.A., Macchi, E.P., & Hanson, H.L. (1952). Use of antioxidants in the frozen storage of turkeys. *Food Technol.*, 6, 308-311.

Ko S., Janes M. E., Hettiarachchy N. S. & Johnson M. G. (2001). Physical and chemical properties of edible films containing nisin and their action against *Listeria monocytogenes*. *J. Food Sci.*, 66(7):1006-1011. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2001.tb08226.x

Krause, A.C., Altenhofen, A. & Guenter, T. (2012). Natamycin release from alginate/pectin films for food packaging applications. *Journal of Food Engineering* 110 (1) 18–25. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.12.016

Krochta JM. (2002). Proteins as Raw materials for films and coatings: definitions, current atatus and opportunities. En Protein-based films and coatings. Editor Gennadios A. Boca Raton, Florida, E.U., CRC Press, recuperado de http://books.google.com.co/books?id=bhTHBrZm6KYC&pg=PA1&lpg=PA1&dq=Protein+as+Raw+materials+for+films+and+coatings:+definitions,+current+status+and+opportunities.&source=bl&ots=EmzIBVQk3u&sig=rtNMrtfk59mw_BiDig8TvyWsUF0&hl=es&sa=X&ei=YSIIU_nSH5exyATZmIDQDw&ved=0CDkQ6AEwAQ#v=onepage&q=Proteins%20as%20Raw%20materials%20for%20films%20and%20coatings%3A%20definitions%20C%20current%20status%20and%20opportunities.&f=false

Krochta, J. M., Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. (1994). Edible Coatings and films to improve food quality. Lancaster, PA: *Technomic Publ. Co.*, Inc; 1994;

Krochta, J.M. & De Mulder-Johnston, C. (1997). Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. *Food Technology*. 51(2): 61-74. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US9729236>

Kunte, L. A.; Gennadios, A.; Cuppett, S. L.; Hanna, M. A.; & Weller, Curtis L. (1997). Cast Films from Soy Protein Isolates and Fractions. *Biological Systems Engineering*. 74, 2. 74, 115-118. Recuperado de <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1103&context=biosysengfacp>
ub

Kuskoski, E.M., Asuero, A.G., García-Parilla, M.G., Troncoso, A.M., & Fett R. (2004). Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 24(4): 691-693. Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612004000400036&script=sci_arttext

Landeta, M. C. (2010). *Estudio de películas y recubrimientos comestibles y su aplicación en la industria alimentaria*. (Tesis Maestría). Facultad de Agronomía: Universidad de Buenos Aires y Università degli Studi Di Parma, Buenos Aires. Recuperado de http://www.uniparmafauba.agro.uba.ar/tesis_detalle.php?id=29&pagina=4

Lee, J., (2005). Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, and Wines by the pH Differential Method: Collaborative Study. *Journal Of Aoac International*, 88 (5):1269-78. Recuperado de http://www.usmarc.usda.gov/SP2UserFiles/ad_hoc/53581000FoodChemistry/PDF/LEEJ_AOAC.pdf

Lee, K. Y.; Shim, J. & Lee, H. G. (2004). Mechanical properties of gellan and gelatin composite films. *Carbohydrate Polymers* 56(2), 251-254. DOI: 10.1016/j.carbpol.2003.04.001

Lima, A., Cerqueira, M., Souza, B.W.S., Santos, E.C.M., Teixeira, J.A., Moreira, R., & Vicente, A. (2010). New edible coatings composed of galactomannans and collagen blends to improve the postharvest quality of fruits-Influence on fruits gas transfer rate. *Journal of Food Engineering*, 97, 101-109. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.09.021

Lin, D. & Zhao, Y. (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Food science and technologies*. 6, 60 – 75. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2007.00018.x

Martínez Valverde, I., Perigao, M.J. & Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *ALAN*, 50, (1), 5-18. Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0004-06222000000100001&script=sci_arttext

Martínez, A., (2007), “Manual del Cultivo de la Mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth)”, Primera Edición, *Ambato, Ecuador*, pp.7-30. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1668/1/CD-2639.pdf>

Marzo R. (2010). *Efecto del tipo y contenido de aceites esenciales sobre las propiedades mecánicas y barrera de películas comestibles basadas en zeína*. (Tesis Pregrado), Departamento Química Aplicada: Universidad Pública de Navarra. Pamplona. Recuperado de <http://academica-e.unavarra.es/handle/2454/2203>

McHugh, T. H., Avena-Bustillos, R., & Krochta, J. M., (1993). Hydrophilic edible films: Modified procedure for water vapor permeability and explanation of thickness effects. *Journal of food science*. Volume 58, No. 4, 7993. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1993.tb09387.x

Mellenthin, W.M., Chen, P.M. & Borgic, D.M. (1982). In-line application of porous wax coating materials to reduce friction discoloration of ‘Bartlett’ and ‘d’Anjou’ pears. *HortScience*. 17: 215-217.

Ministerio de Agricultura & Desarrollo Rural., (2012). Anuario estadístico de frutas y hortalizas 2007-2011 y Sus calendarios de siembras y cosechas Resultados evaluaciones agropecuarias municipales 2011. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/Anuario/ANUARIO%20ESTADISTICO%20ODE%20FRUTAS%20Y%20HORTALIZAS%202011.pdf>

Miranda, S. P.; Cárdenas, G.; López, D.; & Lara Sagahon. A. (2003). Comportamiento de películas de Quitosán compuesto en un modelo de almacenamiento de aguacate. *Journal of the Mexican Chemical Society*. Vol. 47, núm. 4, pp. 331-336. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/475/47547408.pdf>

Mitcham, E.J., M. Clayton & W.V. Biasi. (1998). Comparison of devices for measuring cherry fruit firmness. *HortScience* 33:723-727. Recuperado de <http://hortsci.ashspublications.org/content/33/4/723.full.pdf>

Morillon, V., Debeaufort, F., Blond, G., Capelle, M. & Voilley, A. (2002). Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42, 67-89. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11833637>

Morris, E. R., Nishinari, K., & Rinaudo, M. (2012). Gelation of gellan review. *Food Hydrocolloids*, 28(2), 373-411. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.01.004

Murillo M.M. (2008). *Evaluación de propiedades fisicoquímicas y antimicrobianas de películas comestibles adicionadas con nisina y/o glucosa oxidasa*. (Tesis Maestría), División De Ciencias Biológicas Y De La Salud: Universidad Autónoma Metropolitana. Mexico D.F. recuperado de <http://148.206.53.84/tesiuami/UAMI14122.pdf>

Murillo, M.M., (2011). *Evaluación de propiedades mecánicas, ópticas, antioxidantes y de barrera de películas comestibles elaboradas con emulsiones dobles w1/o/w2 adicionadas con extracto de té verde (camellia sinensis)*. (Tesis Doctoral), División De

Ciencias Biológicas Y De La Salud: Universidad Autónoma Metropolitana. México D.F., México. Recuperado de <http://148.206.53.84/tesiuami/UAMI15374.pdf>

Navarro, T. M., (2007). *Efecto de la composición de recubrimientos comestibles a base de hidroxipropilmetilcelulosa y cera de abeja en la calidad de ciruelas, naranjas y mandarinas*. (Tesis Doctoral), Departamento De Tecnología De Alimentos: Universidad politécnica de valencia. Valencia. España. Recuperado de <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1923/tesisUPV2699.pdf?sequence=1>

Nisperos-Carriedo, M.O. (1994). Edible Coatings and Films Based on Polysaccharides. Edible coatings and Films to Improve Food Quality. J.M. Krochta, E.A. Baldwin y M. Nisperos-Carriedo (Eds.) Technomic, Lancaster, Pensilvania, EUA. pp. 305-336.

Norma Técnica Colombiana y Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 4106. Frutas frescas. Mora de castilla. Especificaciones. Bogotá: ICONTEC; 1997.

Norma Técnica Colombiana y Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 4624. Jugos de frutas y hortalizas. Determinación del contenido de sólidos solubles: Método refractométrico. Bogotá: ICONTEC; 1999.

Norma Técnica Colombiana y Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 4592. Productos de frutas y verduras. Determinación del pH. Bogotá: ICONTEC; 1999.

Norma Técnica Colombiana y Certificación. Norma Técnica Colombiana. NTC 4623. Productos de frutas y verduras. Determinación de la acidez titulable. Bogotá: ICONTEC; 1999

Nussinovitch, A. & Lurie S. (1995). Edible Coatings for Fruits and Vegetables. *Postharvest News and Information* 6: 53N-57N.

Olaya, J. & Restrepo, P., (2012). Estudio del contenido de fenoles y actividad antioxidante de guayaba en diferentes estados de madurez. *Acta biológica Colombiana*. Vol.17. Página 611-624. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028029011>

Olivas, G. I., Mattinson D. S. & Barbosa-Cánovas, G. V. (2007). Alginate coatings for preservation of minimally processed “Gala” apples. *Postharvest Biology and Technology*, 45: 89 – 96. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2006.11.018

Oliveira, T.M., Soares, N.F.F., Pereira, R.M. & Fraga, K.F. (2007). Development and evaluation of antimicrobial Natamycin – incorporated film in gorgonzola cheese conservation. *Packaging Technology and Science* 20, 147–153. DOI: 10.1002/pts.756

Oms-Oliu G, Soliva, F.R. & Martín B.O. (2008) Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. *Postharvest Biol Technol* vol 50 pp 87–94. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2008.03.005

Osés, J. (2006). *Desarrollo, caracterización y aplicaciones alimentarias de recubrimientos comestibles basados en proteína de suero de leche, almidón y goma de mezquite*. (Tesis Doctoral), Universidad Pública de Navarra, España. Recuperado de <http://www.triptolemos.org/catalogo/tesis/desarrollo-caracterizaci%C3%B3n-y-aplicaciones-alimentarias-de-recubrimientos-comestibles-basados-e>

Osés, J., Fabregat-Vázquez, M., Pedroza-Islas, R., Tomás, S. A., Cruz-Orea, A. & Maté, J. I. (2009). Development and characterization of composite edible films based on whey protein isolate and mesquite gum. *Journal of Food Engineering* 92 (2009) 56–62. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.10.029

Park, S.I. & Y. Zhao, (2004). Incorporation of a high concentration of mineral or vitamin into chitosan-based films. *J. Agric. Food Chem.*, 52: 1933-1939. DOI: 10.1021/jf034612p

Pastor N. (2010). *Recubrimientos comestibles a base de hidroxipropil metilcelulosa: caracterización y aplicación*. (Tesis Doctoral), Departamento De Tecnología De Alimentos: Universidad Politécnica De Valencia. Valencia. Recuperado de <http://www.tdx.cat/handle/10803/21896>

Pavlath, A. E. & Orts, W., (2009). Edible Films and Coatings: Why, What, and How?, *Edible Films and Coatings for Food Applications*, Embuscado, M. E., Huber, K. (Ed.), New York, Springer, . p. 1-23.

Percival, D., Crowe, N., Stevens, D. & Laughlin P. (2000). Reduction In Anthocyanin Exudation From Individual Quick Frozen Lowbush Blueberries (*Vaccinium Angustifolium* Ait.) Through Use Of Edible Films. *International Society for Horticultural Science. Acta Horticulturae* 574: VII International Symposium on *Vaccinium Culture Journal of Food Science*, 58, 206-211. Recuperado de <http://dalspace.library.dal.ca/handle/10222/38949>

Pérez, B., Bringas, E., Mercado, J., Saucedo, C., Cruz, L. & Báez-Sañudo, R. (2004). Aplicación de cera comestible en mango. Parte II: estudios fisiológicos asociados a la maduración del fruto durante el almacenamiento comercial, *Rev. Iber. Tecn. Postcosecha*, 6 (1), 2433, 2004. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/813/81306105.pdf>

Pérez, L. (2003). Aplicación de métodos combinados para el control del desarrollo del pardeamiento enzimático en pera (variedad Blanquilla) mínimamente procesada. (Tesis Doctoral), Universidad Politécnica de Valencia. España. Recuperado de [file:///C:/Users/Personal/Documents/Downloads/tesisUPV1784%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Personal/Documents/Downloads/tesisUPV1784%20(2).pdf)

Perez-Gago, M., Nadaud, P. & Krochta, J. M. (2006). Water Vapor Permeability, Solubility, and Tensile Properties of Heat-denatured versus Native Whey Protein Films. *Journal of Food Science*. vol. 64, no. 6, p. 1034-1037. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1999.tb12276.x

Pérez–Gago, M., Serra, M., Alonso, M., & del Rio, M. (2006). Color change of fresh–cut apples coated with whey protein concentrate–based edible coating. *Postharvest Biology and Technology* 39: 84–92. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2005.08.002

Pérez-Masiá, R.; Fabra, M.J. & Talens, (2012). Influencia del tamaño de partícula en films comestibles a base de caseinato sódico y ácido esteárico o ácido oleico. Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo - Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. Recuperado de: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/14313/Tesina%20Rocio%20P%C3%A9rez.pdf?sequence=1>

Perkins-Veazie P, Collins J, & Clark J. (1996). Cultivar and maturity affect postharvest quality of fruit from erect blackberries. *Postharvest Biol Tec.*; 31 (2): 258-261. Recuperado de: <http://hortsci.ashspublications.org/content/31/2/258.full.pdf>

Petit, D., Bringas, E., Mercado, J., García, J., González, G., Troncoso, R. & Báez, R. (2004). Efecto del calcio y cera comestible en la calidad de mangos `kent' (*Mangifera indica*) durante el almacenamiento, *Rev. Fac. Agro*, 21 Supl. 1: 351-358. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/813/81325441004.pdf>

Pszczola D. (1993). Gellan gum wins IFT's Food Technology Industrial Achievement Award. *Food Technology*. 47(9): 94-96.

Quintero, C.J; Falguera, V. & Munoz, H. A. (2010).Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Revista Tumbaga* | 5 | 93-118 Recuperado de: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3628239>

Quintero-Cerón, J.P.; Ayala S., Leidy C.; Valenzuela R., C.P.; Bohórquez P., Y. & Rivera, C.A.. (2012). Sistemas de extracción (SE) y su incidencia en la cuantificación

de compuestos bioactivos mayoritarios en frutos de *Rubus glaucus* Benth. *Vitae*, Vol 19(1) S291-S293. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914089>

Ramirez J. D. (2012). *Conservación de mora de castilla (Rubus Glaucus Benth) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila (aloe barbadensis miller)*. (Tesis Maestría), Facultad De Ciencias Agrarias: Departamento De Ingeniería Agrícola Y De Alimentos. Universidad Nacional De Colombia, Medellín. Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6911/>

Ramos-García, M., Bautista-Baños, S. & Barrera-Necha, L. (2010). Compuestos Antimicrobianos Adicionados en Recubrimientos Comestibles para Uso en Productos Hortofrutícolas. *Revista Mexicana De Fitopatología*. 28(1): 44-57 Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092010000100005

Raybaudi-Massilia, R., Mosqueda-Melgar, J., & Martín- Belloso, O. (2008). Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of freshcut melon. *International Journal of Food Microbiology* 121:313-327. DOI:10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.010

Realpe., I. (2009). *Proyecto de factibilidad para la exportación de mora de castilla congelada (pulpa de fruta) desde la provincia de imbabura, al mercado de francia durante el periodo 2.008 – 2.017*. (Tesis Pregrado). Facultad De Ciencias Económicas Y Negocios: Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito Recuperado de: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/6906/1/38093_1.pdf

Rendell-Dunn, A.J. (1990). General News: Protein films from maize, wheat and soybeans Will they extend fruit and vegetable shelf life. *Postharvest News & Information* vol 1, pp 435-444.

Requena, F. D., Agüera, E. I. & Requena., F. (2007). Genética de la caseína de la leche en el bovino Frisón. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 8(1):1-9. Recuperado de: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010107/010702.pdf>

Rojas-Grau, M. A., Soliva-Fortuny, R. & Martin-Belloso, O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to freshcut fruits: a review. *Trends in Food Science and Technology*. 20, 438 – 447. DOI:10.1016/j.tifs.2009.05.002

Rojas-Grau M., Tapiab, M. & Martin-Belloso, O. (2008) Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. *Food Science and Technology* 41(1):139-147 Recuperado de: http://www.mwit.ac.th/~teppode/m_3_1.pdf

Rojas-Graü, M, Raybaudi-Massilia, R., Soliva-Fortuny, R., Avena-Bustillos, R., McHugh, T., & Martin- Belloso, O. (2007). Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology* 45:254-264. Recuperado de: <http://www.deepdyve.com/lp/elsevier/apple-puree-alginate-edible-coating-as-carrier-of-antimicrobial-agents-0XUE0kuDOg>

Ross-Murphy, S. B. (1992). Structure and rheology of gelatin gels-Recent progress. *Polyme*, 33(12): 2622–2627. DOI:10.1016/0032-3861(92)91146-S

Ruiz, J.O., (2004). *Caracterización reológica de emulsiones aceite-en-agua (o/w) estabilizadas con goma de mezquite y quitosano y su efecto en la permeabilidad de películas comestibles*. (Tesis Maestría), Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica: Universidad Autónoma Metropolitana. Mexico D.F. Recuperado de: <http://148.206.53.84/tesiuami/UAMI11052.pdf>

Saavedra N. & Algecira N., (2010). Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. *NOVA Publicación Científica En Ciencias Biomédicas*. 8(14):121-240. Recuperado de: http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA14_ARTORIG4.pdf

Sánchez. D., (2012). *Estudio del potencial antioxidante de la mora (rubus glaucus benth) y sus cambios en función del proceso de maduración y bajo diferentes temperaturas de almacenamiento.* (Tesis Pregrado), Facultad De Ciencias: Universidad Nacional De Colombia. Bogotá D.C. Colombia. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/10581/1/197422.2012.pdf>

Sandoval, A.; Forero F. & García, J. (2010). Postcosecha y transformación de aguacate: Agroindustria rural innovadora. Ministerio de Agricultura. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Tolima, Colombia
Recuperado de: http://www.karisma.org.co/publico_hbotero/CDplantasequiposabril2012/5POSTCOSEC HADEAGUACATE.pdf

Saucedo-Pompa, S., Rojas-Molina, R., Aguilera-Carbó, A.F., Saenz-Galindo, A., de la Garza, H., Jasso-Cantú, D., & Aguilar, C.N. (2009). Edible film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado. *Food Research International*, 42, 511-515. DOI:10.1016/j.foodres.2009.02.017

Shaghghi, M., Manzoori, J. & Jouyban, A. (2008). Determination of total phenols in tea infusions, tomato and apple juice by terbium sensitized fluorescence method as an alternative approach to the Folin–Ciocalteu spectrophotometric method. *Food Chemistry* 108, 695–701
Recuperado de: <http://www.deepdyve.com/lp/elsevier/determination-of-total-phenols-in-tea-infusions-tomato-and-apple-juice-tQi48cM3S8>

Shellhammer, T.H. & Krochta, J.M. (1997). Whey protein emulsion film performance as affected by lipid type and amount. *Journal of Food Science*, 62, 390-394. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1997.tb04008.x

Siew, D.C.W., Heilmann, C., Easteal, A.J. & Cooney, R.P. (1999). Solution and Film Properties of Sodium Caseinate/Glycerol and Sodium Caseinate/Polyethylene Glycol Edible Coating Systems, *J. Agric. Food Chem.*, 47:3432–3440.DOI: 10.1021/jf9806311

Sobral, P. J. A. & Habitante, A. M. Q. B. (2001). Phase transitions of pigskin gelatin. *Food Hydrocolloids*, 15, 377-382.Doi: 10.1590/S0101-20612011000200015

Soliva, R. & Martín, O. (2001). Envasado de alimentos mediante recubrimientos comestibles. *Alimentaria*, (325) 29 – 37

Stauffer, C.E. (1999). Emulsifiers. Eagan Press Handbook Series. St. Paul, Minnesota, EUA. Recuperado de: <http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Optimizacion%20del%20proceso%20de%20modificacion%20del%20almidon%20de%20maiz.pdf>

Tapia, M., Rojas-Graü, M., Rodríguez, F., Ramirez, J., Carmona, A. & Martin-Belloso, O. (2007). Alginate and gellan-based edible films for probiotic coatings on fresh-cut fruits. *Journal of Food Science*. 72(4):190-196 Recuperado de: <http://worldfoodscience.com/cms/index.html@pid=1005154.html>

Tapia, M.S., Rojas-Grau, M., Carmona, A., Rodríguez, F., Soliva-Fortuny, & R., Martin-Belloso, O. (2007). Use of alginate- and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. *Food Hydrocolloids* 22, 1493–1503 Recuperado de: <http://www.deepdyve.com/lp/elsevier/use-of-alginate-and-gellan-based-coatings-for-improving-barrier-D8ldVsWQ50>

Tharanathan, R.N. (2003). Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. *Trends in Food Science & Technology*. 14(3): 71-78. Doi: 10.1016/s0924-2244(02)00280-7

Tomasula, P.M., Parris, N., Yee, W. & Coffin, D. (1998). "Properties of Films Made from CO₂-Precipitated Casein," *J. Agric. Food Chem.*, 46:4470–4474. Recuperado de: <http://www.google.com.tr/patents/US6379726>

Torres J. A. (1994). Edible films and coatings from proteins. En: Hettiarachchy N. S. y Ziegler G. R. Protein functionality in food systems. Editor. Institute of food technologists. Chicago, Illinois, E.U., pp. 485-487. Recuperado de: <http://148.206.53.84/tesiuami/UAMI14122.pdf>

Trejo-Márquez, M.A., Ramos, L.K. & Pérez, G.C., (2007). Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina sobre la calidad de fresa (*Fragaria vesca* L.) almacenada en refrigeración. Libro de resumen del V congreso iberoamericano de tecnología postcosecha y agroexportaciones. Cartagena, España: Grupo Postrecolección y Refrigeración UPCT; 2007. p. 978-984. Recuperado de: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/68/180/68180.pdf>

Ture, H. Eroğlu, E. Ozen, B. & Soyer, F. (2008). Antifungal activity of biopolymers containing natamycin and rosemary extract against *Aspergillus niger* and *Penicillium roquefortii*, *International Journal of Food Science and Technology* 43: 2026–2032. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2008.01816.x

Tzoumaki, M.V., Biliaderis, C.G. & Vasilakakis, M. (2009). Impact of edible coatings and packaging on quality of White asparagus (*Asparagus officinalis*, L.) during cold storage. *Food Chemistry*, 117, 55-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.076>

Valle-Guadarrama, S., López-Rivera, O., Reyes-Vigil, M., Castillo-Merino, J., & Santos-Moreno, A. (2008). Recubrimiento comestible basado en goma arábica y carboximetilcelulosa para conservar frutas en atmósfera modificada. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 14(3), 235-241. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2008000300002

Villagómez–Zavala, D.L., Gómez–Corona, C., San Martín–Martínez, E., Pérez–Orozco, J.P., Vernon–Carter, E.J. & Pedroza–Islas, R. (2008). Comparative study of the mechanical properties of edible films made from single and blended hydrophilic biopolymer matrices. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 7, 263–273. Recuperado de: http://rmiq.org/new%20page/Pdfs/Vol%207%20no%203/10_RMIQ_Vol7No3_100708.pdf

Villamizar F. (2001). Manejo tecnológico postcosecha de frutas y hortalizas: Aspectos teóricos. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia-Facultad de Ingeniería. Recuperado de: [http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia18\(2\)_5.pdf](http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia18(2)_5.pdf)

Welscher, Y. M., Napel, H. H., Balagué, M. M., Souza, C. M., Riezman, H. & Kruijff, B., (2008). Natamycin blocks fungal growth by binding specifically to ergosterol without permeabilizing the membrane. *Journal of Biological Chemistry*, 283(10), 6393–6401 DOI: 10.1074/jbc.M707821200.

Wesche-Ebeling P. & Montgomery M. W. (1990). Strawberry Polyphenol Oxidase: its Role in Anthocyanin Degradation. *Journal of Food Science*, 55: 731-734, 754 DOI: 10.1017/CBO9780511542657.012

Xu, J. B., Bartley J. P. & Johnson R. A. (2003). Preparation and characterization of alginate hydrogel membranes crosslinked using a water-soluble carbodiimide. *Journal of Applied Polymer Science*. 90(3):747–753 DOI: 10.1002/app.12713

Yaman O & Bayoindirli L (2002). Effects of an Edible Coating and Cold Storage on Shelf-life and Quality of Cherries. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 35: 146–150. DOI: <http://dx.doi.org/10.1006/fstl.2001.0827>

Yang, L. & Paulson, A. T. (2000). Mechanical and water vapour barrier properties of edible gellan films. *Food Research International*, 33, 563-570. DOI: 10.1016/S0963-9969(00)00092-2

Yanini M., (2007). Diseño y optimización de recubrimientos comestibles a base de caseinato sódico y/o Cálcico, ácido oleico y cera de abeja. (Tesis pregrado). Escuela técnica superior de ingenieros agrónomos, Universidad politécnica de valencia.

Valencia. Recuperado de:

<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/28277/TFC%20Marcos%2007-06-07.pdf?sequence=1>

ANEXOS

ANEXO A

RECOPIACION DE INFORMACION

Mezclas	Metodología	Resultados	Fuente
Suspensión acuosa de almidón de mandioca (5 % p/p), glicerol (2,5 % p/p) y sorbato de Potasio.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de la humedad evaluada diariamente durante un período de tres semanas, aproximadamente. Para asegurar la sorción de la humedad desprendida en la estufa de vacío, se utilizó Cloruro de Calcio (CaCl₂) como desecante. • Se realizaron ensayos en el modo tracción a 1 Hz, entre -90°C y 20°C, a una velocidad de 2°C/min. • Se realizaron ensayos de Calorimetría Diferencial de Barrido usando un calorímetro Mettler Toledo Schwerzenbach, con el fin 	<p>el contenido de humedad de las películas depende de la presencia del agente antimicrobiano,</p> <p>el almidón y el glicerol son al menos parcialmente miscibles, existiendo una zona glicerol-almidón en donde el material mayoritario es el glicerol, el cual presenta una T_g en \cong -68,4°C.</p> <p>La incorporación de Sorbato de potasio en las películas estudiadas produce una</p>	<p>Famá Lucía, et all 2004.</p> <p>COMPORTAMIENTO MECÁNICO DINÁMICO DE PELÍCULAS COMESTIBLES A BAJAS TEMPERATURAS. INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE SORBATO Y GRADO DE</p>

	de caracterizar el comportamiento del glicerol y almidón, constituyentes de las películas.	disminución en la cristalinidad y un aumento en el contenido de agua de las mismas	ACIDEZ
Las películas se prepararon manteniendo una relación de WPI/glicerol 2,3/1 y un 18 % (p/p) de humedad.	<ul style="list-style-type: none"> • Espesor de las películas con micrómetro digital • Ensayos mecánicos según la norma ASTM D882. • Permeabilidad al vapor de agua, según el método gravimétrico, basado en la norma ASTM E96 • Humedad y solubilidad en agua La solubilidad en agua se define como el porcentaje de materia seca de la película solubilizada luego de 24 horas de inmersión en agua (Gontard, 1994). 	La elaboración de películas comestibles por el método de moldeo por compresión permite obtener películas más resistentes a la ruptura. Esto lo demuestran las propiedades mecánicas analizadas, que arrojan como resultado mayores valores de fuerza y stress máximo y mayores elongaciones previas a la ruptura, menores valores de permeabilidad al vapor de agua y de solubilidad, presenta la ventaja de insumir menos tiempo para la elaboración de las películas	Escobar, D. et al.2009. Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de Sorbato de potasio como conservador

<p>WPI al 10% (m/m), glicerol (33% m/m base seca)</p>	<p>(1) Firmeza (2) Sólidos solubles expresados en grados °Brix (3) pH (4) Acidez titulable (5) Ácidos Orgánicos (6) Color (7) Contenido de licopeno</p>	<p>Produjo un retraso en la maduración y en la pérdida de peso de los frutos, que se tradujo en un aumento de la vida útil poscosecha de los tomates recubiertos. (1) el fruto mantiene su valor comercial ya que pierde menos peso y (2) se retrasa la maduración a través de inhibición de la enzima S-adenosyl methionina sintetasa los frutos recubiertos mostraron un retraso en el desarrollo del color rojo en comparación con aquellos tomates no recubiertos. No se encontró efecto del recubrimiento sobre los grados °Brix, que permanecieron estables durante el período de almacenamiento de los frutos</p>	<p>Galletta G. 2004. AUMENTO DE LA VIDA UTIL POSCOSECHA DE TOMATE USANDO UNA PELICULA DE PROTEINA DE SUERO DE LECHE</p>
---	---	--	--

Mezclas	Metodología	Resultados	Fuente
Se prepararon ocho formulaciones a base de caseinato sódico (Alanate-110 Industrias de Suministros Llorella, S.A., España), glicerol (Panreac Química, S.A, Barcelona, España) y ácidos grasos. Cuatro de las formulaciones se prepararon con ácido	<p>REOLOGÍA usando un reómetro rotatorio (HAAKE Rheostress 1, Thermo Electric Corporation, Alemania)</p> <p>ESPESOR DE LOS FILMS El espesor de los films se determinó en seis puntos distintos de los mismos utilizando un micrómetro electrónico digital (modelo Palmer, Comecta, Barcelona) con una precisión de 0.001 mm</p> <p>PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS FILMS se determinaron haciendo uso de una prensa universal Stable Micro Systems (SMS) modelo TA.XTplus (Haslemere, Inglaterra) de acuerdo al método estándar ASTM D882 (ASTM 2001).</p> <p>PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA con una modificación del método gravimétrico ASTM E96-95 (Mc Hugh et al., 1993), para un gradiente</p>	<p>Resultados</p> <p>El comportamiento observado para ambos ácidos grasos con respecto al tamaño de partícula podría atribuirse a que el AO permanece en estado líquido a temperatura ambiente, lo que favorece la reducción del tamaño de partícula, así como una mayor homogeneización de la emulsión. Por el contrario, el ácido esteárico se organiza formando micelas en los sistemas acuosos debido a su baja afinidad con este medio y esto da lugar a partículas de mayor tamaño (Fabra et al., 2009a).</p> <p>Propiedades mecánicas</p> <p>Los resultados ponen de manifiesto que los films</p>	<p>Pérez-Masiá, R.; Fabra, M.J.; Talens, (2012)</p> <p>P.INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA EN FILMS COMESTIBLES A BASE DE CASEINATO SÓDICO Y ÁCIDO ESTEÁRICO O OLEICO</p>

<p>esteárico (pureza mínima 96 %, Panreac Química, S.A.) y las cuatro restantes se formularon con ácido oleico (pureza mínima 98 %, Panreac Química, S.A). La relación proteína: plastificante: lípido se fijó en 1:0.3:0.15. y se realizaron cuatro técnicas</p>	<p>de humedad relativa 58-100 % y una temperatura de 10 °C.</p> <p>PROPIEDADES ÓPTICAS</p> <p>La opacidad de los films se determinó aplicando la teoría de Kubelka-Munk de dispersión múltiple a los espectros de reflexión (Hutchings, 1999). Las medidas de los espectros de reflexión de las muestras se realizaron sobre un fondo blanco y sobre un fondo negro.</p>	<p>formulados con ácido esteárico son menos elásticos y flexibles (mayor módulo de elasticidad y tensión de fractura) y menos extensibles (menor deformación hasta el punto de fractura) que los films que incorporan ácido oleico. Esto podría atribuirse al diferente estado físico de ambos lípidos, ya que, mientras que el ácido esteárico es sólido a temperatura ambiente, el ácido oleico es líquido y puede fluir durante el ensayo de tensión (Fabra et al., 2009a).</p> <p>Se observa que al disminuir el tamaño de partícula, aumenta el módulo de elasticidad (EM) de los films, es decir, para producir una misma deformación en los films, es necesario realizar un mayor esfuerzo en aquellos que</p>	
---	--	---	--

<p>diferentes para homogenizar</p>		<p>contienen un menor tamaño de partícula. Esto podría atribuirse a que al disminuir el tamaño de partícula del ácido graso, aumenta la superficie de interfase, lo que hace que el esfuerzo que hay que aplicar para deformar el film sea mayor (Pérez-Gagó y Krochta, 2001).</p> <p>En este último caso, la superficie de interfase con el Caseínato sódico aumenta, lo que conlleva la formación de films más rígidos.</p> <p>PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA</p> <p>Al disminuir el tamaño de partícula, la WVP de los films formulados con ácido oleico disminuye, mientras que la permeabilidad de los films que incorporan ácido esteárico aumenta.</p>	
------------------------------------	--	---	--

<p>composición de 2 g de material hidrocoloide (almidón y proteína), 2 g glicerol ,0.4 g Aceite y 0.4g Tween 60 por cada 100 g de solución (18). Se realizaron 3 películas unas al 100% de almidón de yuca, otra del 100% de proteína y la tercera 50/50</p>	<p>Se realizó una desinfección a las frutas con una solución de hipoclorito de sodio en agua a 60ppm, y un segundo lavado para retirar los restos de hipoclorito y se finalizó con el secado de la fruta la aplicación del recubrimiento se realizó por inmersión de la fresa en la suspensión filmogénica durante 1 minuto. Después se colocaron las fresas en moldes permitiendo el secado del recubrimiento.</p> <p>Medidas de tensión: se utilizó un texturómetro TATX PLUS (ATG; Tensile Grips)</p> <p>Calorimetría diferencial de barrido (MDSC)</p> <p>Microscopía electrónica de barrido</p>	<p>La película de proteína, se observa una estructura mucho más homogénea en comparación con las películas que contienen almidón.</p> <p>La aplicación de los recubrimientos sobre las fresas y la temperatura de refrigeración en el almacenamiento presentaron un efecto benéfico en la apariencia, prolongando su buen aspecto físico durante el almacenamiento.</p> <p>El recubrimiento que presentó mayor protección para la pérdida de peso fue el que contenía únicamente como material hidrocoloide la proteína aislada de soya. A diferencia de este, el</p>	<p>Saavedra Nataly y Algecira Néstor, 2010. Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas</p>
--	---	---	--

	<p>(SEM): las películas se rasgaron con el fin de obtener vistas laterales y superficiales de la película.</p> <p>Pruebas realizadas a las frutas: a cada uno de los lotes se les realizó un seguimiento de las características visuales, de pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles, pH y acidez titulable desde el día 3 al 6 para las fresas almacenadas a temperatura ambiente y del día 3 al 10 para aquellas almacenadas en refrigeración. El análisis sensorial se llevó a cabo en los días 3, 5 y 9.</p>	<p>recubrimiento elaborado con almidón presentó un efecto negativo incrementando la pérdida de peso del fruto durante su almacenamiento.</p> <p>La aplicación de los recubrimientos en las fresas no generó diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles totales entre los tratamientos evaluados durante el almacenamiento ($p > 0.05$), este comportamiento es de esperarse debido a que la fresa pertenece a las frutas no climatéricas.</p> <p>La incorporación de proteína de soya permitió que las películas tuvieran un secado más homogéneo, una mayor elasticidad y facilidad para</p>	
--	---	---	--

		<p>despegarlas del molde. La proteína aumentó la resistencia de la película, mientras que el aceite la debilitó,</p> <p>La aplicación de las películas de almidón donde se incorporó proteína de soya evidencian un buen desempeño desde el punto de vista fisicoquímico y sensorial sobre las fresas puestas a prueba, esto debido a una mejora en las capacidades filmogénicas</p>	
Mezclas	Metodología	Resultados	Fuente
Carboximetilcelulosa (2 g de CMC/100 g H ₂ O) como polímero formador de la matriz, glicerol como	<p>Para la formulación de emulsiones se aplicaron agitación mecánica y ultrasonido</p> <p>Medición De Permeabilidad A Vapor De Agua</p> <p>La permeabilidad a vapor de agua (WVP) se midió mediante el método de la copa (Bifani et al., 2007).</p>	<p>El ultrasonido es un método que permite elaborar soluciones filmogénicas tipo emulsión, con tamaños de gotas pequeños, lo cual podría favorecer la formación de una matriz homogénea compuesta por gotas de aceite y CMC</p>	<p>Ramírez,a,b, C., Ihl Mb,c., Bifani Vc.EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ULTRASONIDO EN LA</p>

<p>plastificante y aceite como agente hidrofóbico. El extracto de hoja de murta se adicionó en tres concentraciones 0 (CMC), 50 (CMC-50E) y 100% (CMC-100E).</p>			<p>ELABORACIÓN DE PELÍCULAS COMESTIBLES CON EXTRACTO DE HOJA DE MURTA (Ugni molineae TURCZ) SOBRE SU HIDROFOBICIDAD Y SUS PROPIEDADES DE BARRERA AL VAPOR DE AGUA</p>
<p>Se diseñó un experimento con 18</p>	<p>Transmisión de luz. Se emplearon celdas para evaluar la transmitancia (en porcentaje) en una longitud de</p>	<p>La preparación de películas con GA al 30 % y secado por 12 h resultó en un material liso,</p>	<p>Valle-Guadarrama et al, 2008.</p>

<p>películas obtenidas de la combinación de dos niveles de GA (20 y 30 %), tres niveles de CMC (0.25, 0.50 y 0.75 %) y tres niveles de GL (5, 10 y 15 %)</p>	<p>onda de 540 nm.</p> <p>Permeabilidad a O₂ y CO₂. Cada película se colocó entre dos cajas de Petri, para formar una celda con dos cámaras separadas por el material, donde la hermeticidad se creó con la aplicación de silicón térmico. Las concentraciones de O₂ y CO₂ fueron determinadas con un cromatógrafo de gases (Varian modelo 3400CX, USA)</p> <p>Resistencia a la tensión. Se formaron probetas con 6.0 cm de alto y 3.0 cm de ancho, con una perforación al centro de 0.6 cm de diámetro para inducir un punto de ruptura.</p>	<p>quebradizo, sin flexibilidad, de apariencia opaca y con puntos blanquecinos. Un segundo conjunto de ensayos, basado en tres niveles de GA (10, 20 y 30 %) y dos de temperatura (60 y 90 °C) mostró que había solidificación a partir de 20 %, aunque con mayor concentración de GA resultaba difícil manipular la mezcla y se incorporaba aire que no se eliminaba durante el reposo.</p> <p>En forma paralela se realizaron ensayos con CMC, que formaron materiales completamente translúcidos. Al preparar una disolución con 30 % GA y 0.5 % CMC, calentamiento a 90 °C y mezclado posterior por 30 min, se obtuvo un material translúcido</p>	<p>RECUBRIMIEN TO COMESTIBLE BASADO EN GOMA ARÁBIGA Y CARBOXIMETI LCELULOSA PARA CONSERVAR FRUTAS EN ATMÓSFERA MODIFICADA</p>
--	---	---	---

		<p>con un ligero tono amarillo, sin puntos blanquecinos, liso, brillante y de consistencia quebradiza. Finalmente, la consistencia fue mejorada con la elección del glicerol como plastificante, por lo que con 30 % GA, 0.5 % CMC, 15 % GL, calentamiento a 90 °C, mezclado posterior por 30 min, vaciado y reposado por 24 h, se obtuvo un material translúcido y flexible. De acuerdo con Sothornvit y Krochta (2000), la adición de glicerol a una formulación reduce la fuerza intermolecular a lo largo de la cadena del polímero y esto resulta en un incremento de la flexibilidad.</p> <p>Los resultados mostraron que al incrementar la concentración de</p>	
--	--	--	--

		<p>GA se requería mayor esfuerzo para deformar las películas y por tanto se hacían más rígidas y menos extensibles. Sin embargo, los factores de CMC y GL produjeron un efecto contrario, obteniendo películas más extensibles con el aumento de concentración de estos compuestos.</p> <p>Si se consideran las variables de transmisión de luz y resistencia mecánica, resulta conveniente elegir una formulación basada en 30 % de GA y modular la permeabilidad a O₂ y CO₂ mediante la fijación de las concentraciones de CMC y GL en los rangos de 0.25 a 0.5 y 5 a 10 %, respectivamente</p>	
--	--	---	--

CONCENTRACIONES EN LOS ESTUDIOS PRECEDENTES

	CM C	ALMIDO N	SOYA	CASEIN A	LACTOSUE RO	GLICERO L	ACEIT E	TWEEN	SORB ATO	ACIDO	MURT A
1		5%				2,5%			0- 2000rp m		
2					2,3%	1%			1%		
3					10%	33%					
4				1%		0,3%				0,15%Oleico	
5				1%		0,3%				0,15%Esteari co	
6		1%	1%			2%	0,4%	0,4% (60)			
7		2%				2%	0,4%	0,4% (60)			
8			2%			2%	0,4%	0,4% (60)			
9	2%					0					0%
1 0	2%					1%					1%
1 1	2%					2%					2%

METODOLOGÍA

Para las películas Comestibles	
Metodología	
Humedad y solubilidad de agua	<ol style="list-style-type: none"> 1. Calentamiento a 70°C en estufa de vacío hasta peso constante [4]. El peso de dichas muestras se evaluó diariamente durante un período de tres semanas, aproximadamente. 2. El contenido inicial de materia seca (%) y la humedad se determinaron gravimétricamente secando las muestras del _ lm a 105 °C en una estufa con circulación de aire por 24 horas. Se cortaron tres discos de la película de 2 cm de diámetro, se pesaron y se colocaron en un vaso de bohemia que contenía 50 mL de agua. Éste se introdujo en una incubadora con agitación (New Brunswick Scienti_ c Co., modelo G25) a 20 °C y 62 rpm. Luego de la incubación las muestras de películas se quitaron de los vasos y se secaron en una estufa a 105 °C durante 24 horas para determinar la materia seca no soluble en agua.
Fuente:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Famá Lucía, et all 2004. COMPORTAMIENTO MECÁNICO DINÁMICO DE PELÍCULAS COMESTIBLES A BAJAS TEMPERATURAS. INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE SORBATO Y GRADO DE ACIDEZ 2. Escobar, D. et all.2009. Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de Sorbato de potasio como conservador
Espesor	Un micrómetro mecánico digita. En cada muestra fueron tomadas 5 mediciones.

Fuente:	<p>Escobar, D. et all.2009. Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de Sorbato de potasio como conservador</p> <p>Pérez-Masiá, R.; Fabra, M.J.; Talens, (2012) P.INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA EN FILMS COMESTIBLES A BASE DE CASEINATO SÓDICO Y ÁCIDO ESTEÁRICO O ÁCIDO OLEICO</p> <p>Abraján Villaseñor M. 2008. EFECTO DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL MUCÍLAGO DEL NOPAL (<i>Opuntia ficus-indica</i>) Y ESTUDIO DE SU APLICACIÓN COMO RECUBRIMIENTO COMESTIBLE</p>
Propiedades mecánicas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinadas usando un analizador mecánico dinámico (Rheometric, DMTA IV). Se realizaron ensayos en el modo tracción a 1 Hz, entre -90°C y 20°C, a una velocidad de 2°C/min. 2. Ensayos de tracción en un equipo Shimadzu Autograph AG-2000A. Se utilizó una separación de mordazas de 50 mm y se aplicó una velocidad de 50 mm/mín. De los ensayos de tracción realizados se determinaron los siguientes parámetros: fuerza máxima, stress máximo, porcentaje de elongación y módulo de Young. <p>Las propiedades mecánicas de los films se determinaron haciendo uso de una prensa universal Stable Micro Systems (SMS) modelo TA.XTplus (Haslemere, Inglaterra) de acuerdo al</p>

	método estándar ASTM D882 (ASTM 2001).
Fuente:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Famá Lucía, et all 2004. COMPORTAMIENTO MECÁNICO DINÁMICO DE PELÍCULAS COMESTIBLES A BAJAS TEMPERATURAS. INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE SORBATO Y GRADO DE ACIDEZ 2. Escobar, D. et all.2009. Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de Sorbato de potasio como conservador 3. Pérez-Masiá, R.; Fabra, M.J.; Talens, (2012) P.INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA EN FILMS COMESTIBLES A BASE DE CASEINATO SÓDICO Y ÁCIDO ESTEÁRICO O ÁCIDO OLEICO
Tensión	<ol style="list-style-type: none"> 1. Texturómetro TATX PLUS (A/TG; Tensile Grips) con una velocidad antes, durante y después de la prueba de 1 mm/s, 1 mm/s y 10 mm/s respectivamente y una distancia de elongación de 25 mm. Los especímenes de películas a utilizar fueron de 1.5 cm de ancho por 6 cm de largo. 2. Se aplicó un esfuerzo de tensión con un equipo analizador de textura (TA-X2i, Stable Micro Systems, UK) con velocidad de ensayo de 0.001 m·s⁻¹, hasta completar un recorrido de 0.030 m, que podía o no producir ruptura del material. 3. Se utilizó un texturómetro TA XT2□ Texture Analyser (Texture Technologies Corporation, Stable Microsystems)

	<p>y se efectuaron las siguientes pruebas:</p> <p><i>Perfil de textura por punción (PTP).</i></p> <p><i>Perfil de textura por compresión (PTC)</i></p>
<p>Fuente:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Saavedra Nataly y Algecira Néstor, 2010. Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas NOVA - Publicación Científica En Ciencias Biomédicas - Issn:1794-2470 Vol.8 No. 14 - Julio - Diciembre De 2010: 121 – 240 2. Valle-Guadarrama et all, 2008. RECUBRIMIENTO COMESTIBLE BASADO EN GOMA ARÁBIGA Y CARBOXIMETILCELULOSA PARA CONSERVAR FRUTAS EN ATMÓSFERA MODIFICADA 3. Casas-Alencáster N. B., Pardo-García D. G. 2004 ANALISIS DE PERFIL DE TEXTURA Y PROPIEDADES DE RELAJACION DE GELESDE MEZCLAS ALMIDON DE MAIZ CEROSO ENTRECruzADO-GELANATEXTURE PROFILE ANALYSIS AND STRESS RELAXATION PROPERTIES OFCROSSLINKED WAXY MAIZE STARCH-GELLAN MIXED GELS
<p>Permeabilidad de agua</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se utilizó el método gravimétrico, basado en la norma ASTM E96, con las siguientes condiciones: 0 % HR dentro de la celda y 100 % ± 2 % fuera de la misma a una temperatura de 23°C. Para esto se utilizó una cámara de temperatura y humedad controladas (Tabai espec. Corp., MS-110, Japan). Se hicieron entre tres y cinco ensayos por cada tipo de película elaborada. Los espesores de las películas utilizadas para este ensayo

fueron de 0.120 ± 0.010 mm.

2. Se midió mediante el método de la copa (Bifani et al., 2007). Este método consiste en generar un diferencial de presiones parciales de vapor a través del film (75%-0), cuya área de transferencia es constante (3.14×10^{-4} m²) y el espesor de cada película es conocido. Los cambios de peso en la copa en el tiempo producto del paso del vapor del agua a través del film fueron registrados (0.001g). La relación entre la pendiente de dicha curva, el área de transferencia, el espesor de la película, y la diferencia de presiones
3. La modificación del método gravimétrico ASTM E96-95 (Mc Hugh et al., 1993), para un gradiente de humedad relativa 58-100 % y una temperatura de 10°C.
4. El estudio de la permeabilidad se realizó mediante controles de peso de cada copa con una balanza electrónica (± 0.00001 g) (ME36S Sartorius, Alemania) a intervalos de 2 horas durante un periodo de tiempo de 24 horas.
5. La permeabilidad al vapor de agua de las películas se determinó por un método gravimétrico a 5°C usando una modificación del método ASTM E96-92 (ASTM, 1995). Se utilizaron unas células de permeabilidad Payne (Elcometer SPLI, Hermelle/s Argenteau, Bélgica) con 5 ml de agua destilada para conseguir una humedad relativa del 100% (Pw0) en el interior de la célula. Se realizó la corrección establecida para films hidrofílicos para los valores de la PVA, ya que en estos casos no se

	<p>cumple la hipótesis del método ASTM de que la resistencia al transporte de agua a través del espacio de aire entre la superficie del agua y el film es despreciable. Para ello, se utilizó el método propuesto por Gennadios <i>et al.</i>, 1994 para ajustar el valor de Pw1</p>
<p>Fuente:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Valle-Guadarrama et all, 2008. RECUBRIMIENTO COMESTIBLE BASADO EN GOMA ARÁBIGA Y CARBOXIMETILCELULOSA PARA CONSERVAR FRUTAS EN ATMÓSFERA MODIFICADA 2. Ramírez,a, C., Ihl Mb,c., Bifani Vc.EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ULTRASONIDO EN LA ELABORACIÓN DE PELÍCULAS COMESTIBLES CON EXTRACTO DE HOJA DE MURTA (<i>Ugni molineae</i> TURCZ) SOBRE SU HIDROFOBICIDAD Y SUS PROPIEDADES DE BARRERA AL VAPOR DE AGUA 3. Pérez-Masiá, R.; Fabra, M.J.; Talens, (2012) P.INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA EN FILMS COMESTIBLES A BASE DE CASEINATO SÓDICO Y ÁCIDO ESTEÁRICO O ÁCIDO OLEICO 4. Abraján Villaseñor M. 2008. EFECTO DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL MUCÍLAGO DEL NOPAL (<i>Opuntia ficus-indica</i>) Y ESTUDIO DE SU APLICACIÓN COMO RECUBRIMIENTO COMESTIBLE
<p>Permeabilidad a O₂ y</p>	<p>Cada película se colocó entre dos cajas de Petri, para formar una celda con dos cámaras separadas por el material, donde la</p>

CO2	<p>hermeticidad se creó con la aplicación de silicón térmico. Las cámaras contaban con un puerto de monitoreo y puertos de entrada y salida para permitir un flujo gaseoso.</p> <p>Las concentraciones de O₂ y CO₂ fueron determinadas con un cromatógrafo de gases (Varian modelo 3400CX, USA) con columna capilar Chrompack® tipo poraplot Q, con detector por conductividad térmica (TCD) y detector por ionización de flama (FID). Se usaron temperaturas de 80, 150 y 170 °C en la columna, inyector y detectores, respectivamente. La columna operó a presión manométrica de 158.5 kPa.</p>
Fuente:	<p>Valle-Guadarrama et all, 2008. RECUBRIMIENTO COMESTIBLE BASADO EN GOMA ARÁBIGA Y CARBOXIMETILCELULOSA PARA CONSERVAR FRUTAS EN ATMÓSFERA MODIFICADA</p>
Color	<p>El color de los films se midió en un espectrofotómetro (Minolta CM-3600d, Tokio, Japon), con un área de medida de 10 mm, sobre una placa negra y otra blanca de espectro de reflexión conocido. El color de las muestras se calculó aplicando la teoría de Kubelka-Munk (Hutchings, 1999), determinando la reflectancia para espesor infinito de los films y, a partir de ésta, las coordenadas CIE L*a*b*, con el sistema de referencia iluminante D65 y observador a 10°. La transparencia fue determinada aplicando la teoría de Kubelka-Munk (Hutchings, 1999) a los espectros de reflexión de las muestras sobre fondo blanco y negro y determinando la transmitancia interna</p> <p>Con el fin de evaluar el efecto de la adición de lípidos en el color del film se calculó la diferencia de color de las diferentes formulaciones a cada nivel de HR, con respecto al film de mucílago.</p>

Fuente:	Abraján Villaseñor M. 2008. EFECTO DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL MUCÍLAGO DEL NOPAL (<i>Opuntia ficus-indica</i>) Y ESTUDIO DE SU APLICACIÓN COMO RECUBRIMIENTO COMESTIBLE
Brillo	El brillo de las películas se determinó con un brillómetro (Multi-Gloss 268. modelo 920, Minolta, Alemania) a diferentes ángulos de incidencia (20, 60 y 85°) perpendicularmente a la superficie del film, de acuerdo con el estándar D523 de la ASTM (ASTM, 1999), usando una placa estándar negra como fondo.
Fuente:	Abraján Villaseñor M. 2008. EFECTO DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL MUCÍLAGO DEL NOPAL (<i>Opuntia ficus-indica</i>) Y ESTUDIO DE SU APLICACIÓN COMO RECUBRIMIENTO COMESTIBLE
Transmisión de luz	Se prepararon probetas rectangulares de 0.5 x 4.0 cm que se colocaron en celdas de un equipo Spectronic Milton Roy modelo Genesys 5 (USA) en forma perpendicular al paso de luz. En cada probeta fue evaluada la transmitancia (en porcentaje) en una longitud de onda de 540 nm. Como blanco o testigo se utilizó una celda vacía
Fuente:	Valle-Guadarrama et al, 2008. RECUBRIMIENTO COMESTIBLE BASADO EN GOMA ARÁBIGA Y CARBOXIMETILCELULOSA PARA CONSERVAR FRUTAS EN ATMÓSFERA MODIFICADA
Calorimetría diferencial	1. Los ensayos de DSC modulado se llevaron a cabo en un TA Instruments DSC 2910 empleando una rampa desde -

<p>de barrido (DSC):</p>	<p>60°C hasta 150°C a una velocidad de calentamiento de 5°C/min con una modulación de 1°/minuto en atmósfera inerte con inyección de N₂ a una velocidad de 100 ml / minuto (19, 20).</p> <p>2. Se realizaron ensayos de Calorimetría Diferencial de Barrido usando un calorímetro Mettler Toledo Schwerzenbach, con el fin de caracterizar el comportamiento del glicerol y almidón, constituyentes de las películas. Todos los ensayos fueron realizados entre -130°C y 130°C, a una velocidad de calentamiento de 10°C/min (doble barrido) colocando alrededor de 10 mg de muestra en una cápsula de aluminio. Se analizó la transición vítrea (<i>T_g</i>) del segundo barrido con el programa Mettler Stare.</p>
<p>Fuente:</p>	<p>1. Saavedra Nataly y Algecira Néstor, 2010. Evaluación de películas comestibles de</p> <p>2. Famá Lucía, et all 2004. COMPORTAMIENTO MECÁNICO DINÁMICO DE PELÍCULAS COMESTIBLES A BAJAS TEMPERATURAS. INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE SORBATO Y GRADO DE ACIDEZ</p>
<p>Microscopía electrónica de barrido (SEM):</p>	<p>Las películas se rasgaron con el fin de obtener vistas laterales y superficiales de la película. Las muestras fueron fotografiadas en un microscopio electrónico de barrido marca FEI QUANTA 200, en modo de alto vacío. Previamente las muestras fueron metalizadas en un spulter SDC-050 marca Balzers, en vacío intermedio menor a 10,2 torr, con argón como gas de ataque, sobre una placa de oro-paladio (8:1 ánodo). Las fotografías se</p>

	tomaron en magnificación de 1000 x.
Fuente:	Saavedra Nataly y Algecira Néstor, 2010. Evaluación de películas comestibles de

ANEXO B

PROTOCOLO ELABORACIÓN DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE

Materiales

REACTIVOS	CONCENTRACIÓN
Caseína	0,1%
Goma gellan	0,5%
Gelatina	0,2%
Glicerol	0,1%
Aceite de canola	0,025%
Tween 80	0,25%
Natamicina	0,5 mg/1ml

1. Determinar las concentraciones para hallar la cantidad necesaria a utilizar en la elaboración del recubrimiento
2. Ajustar el agua destilada a un pH 5,5; con citrato de sodio al 50% en un potenciómetro digital, si el pH se excede emplear ácido cítrico.
3. Pesar los reactivos
4. Dividir el agua destilada en tres una para el gellan, otra para la caseína y la tercera para la gelatina
5. Diluir la caseína en el agua destilada con pH normal a una temperatura máxima de 30 °C con agitación constante, hasta obtener una dilución homogénea durante 20 minutos, si no se homogeniza aumentar su pH hasta 6.489 con citrato de sodio al 50%, dejar reposar

6. Diluir la goma gellan en el agua destilada hasta una temperatura que oscile entre los 80 a 90 °C, cuando llegue a esta temperatura adicionar: el glicerol, el tween 80, y el aceite de canola, manteniendo esta temperatura y en agitación constantes durante 30 minutos. Dejar reposar hasta los 25 °C
7. Diluir la gelatina en agua destilada hasta una temperatura máxima de 50 °C con agitación constante durante 20 minutos. Dejar reposar hasta alcanzar los 25°C
8. Cuando las tres diluciones estén a una temperatura de 25°C adicionar sobre la goma gellan la caseína de manera lenta, con agitación constante durante 20 minutos, posterior a esto adicionar de la misma manera y con el mismo tiempo de agitación la gelatina.
9. Cuando la mezcla este lista adicionar la natamicina y agitar constantemente durante 20 minutos hasta que esta se diluya completamente
10. Dejar reposar (puede refrigerarse)

Ejemplo

	CASEINATO DE CALCIO			CASEINA MICELAR		
	%	ml agua	gr	%	ml agua	Gr
GELLAN	0,5	700	3,5	0,5	700	3,5
GELATINA	0,2	700	1,4	0,2	700	1,4
CASEINA	0,1	700	0,7	0,1	700	0,7
GLICEROL	0,1	700	0,8	0,1	700	0,8
TWEEN	0,25	700	1,9	0,25	700	1,9
ACEITE	0,025	700	0,02	0,025	700	0,02
NATAMICINA		700	0,3		700	0,3

ANEXO C

Procedimiento:

1. Marcar los crisoles para identificar cada uno, por posterior llevar al horno a 103°C por 24 h. pasado este tiempo reportar el peso de los crisoles después de ser guardados en un desecador.
2. Cortar cuadros de las películas de 2cm x 2 cm.
3. Pesarse los cuadros y reportar el peso inicial (mo).
4. Colocar los cuadros cortados en los crisoles y llevarlos al horno para determinar la materia seca inicial (mi) en cada film a 105 °C por 24 h.
5. Ajustar el agua destilada a un pH 5,5; con citrato de sodio al 50% en un potenciómetro digital, si el pH se pasa emplear ácido cítrico.
6. Recortar nuevos cuadros, y reportar su peso (mo), para luego ser llevados a los vasos con 60ml de agua destilada, los cuales serán tapados con papel vinipel, agitando ocasional durante 24 h a T ambiente.
7. Al cumplir las 24 h se sacan de los vasos con mucho cuidado y se ponen a secar en el horno a 103°C por 24 h, para determinar el peso de la materia seca final (mf).
8. Calcular el porcentaje de la pérdida de peso (%WL) de cada muestra de film usando la siguiente ecuación:

$$\%WL = \left[\frac{(mi - mf)}{mi} \right] \times 100$$

Donde:

%WL: porcentaje de la pérdida de peso

mi: materia seca inicial

mf: materia seca final

El peso seco inicial se corrige con el contenido de agua de los *films* con la siguiente ecuación:

$$WC = \left[\frac{(mo - mi)}{mi} \right]$$

Donde:

WC: contenido de agua

mo: peso inicial del film antes de ser secado

mi: materia seca inicial o peso del film después de ser secado

Fuentes:

Irissin-Mangata, J., Bauduin, G., Boutevin, B., & Gontard, N. (2001). New plasticizers for wheat gluten films. *European Polymer Journal*, 37(8), 1533–1541

Kunte, L. A.; Gennadios, A.; Cuppett, S. L.; Hanna, M. A.; and Weller, Curtis L.,. Cast Films from Soy Protein Isolates and Fractions. (1997). *Biological Systems Engineering: Papers and Publications*. Paper 104 Vol. 74, No. 2. 74, 115-118.

Fakhouri F, Tanada-Palmu P, Grosso, C. 2004. Characterization of composite biofilms of wheat gluten and cellulose acetate phtalate. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 21: 261-264.

Hernández-Muñoz P, Kanavouras A, Ng P, Gavara R. 2003. Development and characterization of biodegradable films made from wheat gluten protein fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 7647-7654.

ANEXO D

PROTOCOLO PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA

PARÁMETROS PARA LA PRUEBA POR METODO DE AGUA

Celdas	De	Diámetro interno 3,5
Permeabilidad		Profundidad 1 cm
Espesor máximo del film		32 mm

Fluctuación de las variables	25±1°C Temperatura 75±5HR%
Para la copa	6 ml de agua destilada
Contenido y cantidad	
Repetición por mezcla	4 réplicas
Solución saturada	Cloruro de Sodio (75% HR)
Materiales	Desecador Ventilador Horno Celda de permeabilidad
Toma de datos	Intervalos de 1 hora durante 8 horas

Según el método ASTM E96-95, para evaluar la permeabilidad en estudio, es necesario determinar en primera instancia la velocidad de transmisión de vapor de agua como lo explica Yanini M. (2007), es necesario emplear la primera ley de Fick en donde se asume que el vapor de agua es capaz de atravesar un material no poroso y completamente homogéneo; según la siguiente ecuación:

$$VTVA = \frac{n}{t} * A$$

Dónde:

VTVA = velocidad de transferencia de vapor de agua (g/día m²)

n/t = pendiente de curva de pérdida de peso en tramo lineal (g/día)

A = área efectiva del film por la que se produce la transferencia de vapor de agua (m²).

Igualmente es necesario determinar la permeanza de la película utilizando la diferencia de presiones parciales por lo tanto tenemos que:

$$Permeanza = \frac{VTVA}{(Pw1 - Pw2)}$$

Para el método ASTM se desprecia la resistencia al transporte de agua, a través del espacio de aire entre la superficie de agua y el film. Pero para los films que son hidrofílicos esta despreciación no es aplicable debido a que se pueden evidenciar algunos errores con respecto a los cálculos esperados y es necesario calcular P_{w1} ; por lo tanto Gennadios et al. 1994 dice que la presión de vapor de agua en la superficie interna del film puede ser calculada por la ecuación:

$$P_{w1} = P_t - (P_t - P_{wo}) * e^{N_w h_i / CD}$$

Dónde:

$N_w = (6,43 \times 10^{-11}) VTVA$

h_i : Distancia entre la superficie de agua desionizada y el film (cm)

P_t : Presión atmosférica total (Pa)

R : Constante de los gases (8.306.600 Pa cm³/ g mol K)

T : Temperatura absoluta durante la medición

$C = P_t / RT$

$D = (0.26) (T/ 298)^{1.8}$

D : Difusividad de vapor de agua en el aire (cm²/s) a 1 atm.

Por lo tanto al corregir los valores de P_{w1} , La permeabilidad al vapor de agua fueron calculadas usando el promedio del espesor de cada película (Villagómez-Zavala y col., 2008). Se puede calcular el valor exacto de la permeabilidad utilizando la siguiente ecuación:

$$P = \frac{(1.157 \times 10^{-5}) * VTVA * L}{(P_{w1} - P_{w2})}$$

Dónde:

P : Permeabilidad (g/m s Pa)

1.157×10^{-5} : Constante para satisfacer conversión de unidades

L : Grosor del film (m)

Bibliografía

Pérez-Gago, M. B., Nadaud, P. Y Krochta, J. M. Water Vapor Permeability, Solubility, and Tensile Properties of Heat-denatured versus Native Whey Protein Films. En: Journal of Food Science. 2006. vol. 64, no. 6, p. 1034-1037.

ANEXO E

PREPARACION DE LOS REACTIVOS EMPLEADOS EN LAS PRUEBAS FUNCIONALES

- **REACTIVOS CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL**

Para preparar el **Radical ABTS^{•+} 7mM + Persulfato de Potasio** con una Concentración final de 2.45 mM es necesario:

1. Pesar 0.0384 g de 2,2'-Azino-Bis(3-E tilbenzotiazolin-6- ácido sulfónico) Diamónico (ABTS) y llevarlo a un balón de 10 ml.
2. Pesar 0.0066 g de Persufato de Potasio y llevarlo al balón que contiene el ABTS, completar a volumen con agua destilada.
3. Incubar en el balón por 16 horas a temperatura ambiente y en la oscuridad.
4. Concluido el periodo de incubación mantener refrigerado.

- **REACTIVOS FENOLES TOTALES**

Para preparar el **Carbonato de Sodio (Na₂CO₃) al 2%** se necesita:

1. Pesar 20 g de Na_2CO_3 anhidro, llevar a un balón de 1000 ml y aforar.

- **REACTIVOS ANTOCIANOS MONOMERICOS TOTALES**

En esta prueba se emplean dos buffer los cuales se preparan de la siguiente manera:

Buffer a pH 1.0

1. Pesar 1.86 g de Cloruro de Potasio anhidro (KCl) en un beaker y agregar agua destilada hasta un volumen de 950 ml.
2. Medir el pH y ajustar el valor de pH hasta 1.0 (± 0.05) con ácido clorhídrico puro (HCl).
3. Transferir a un balón de 1 litro y completar a volumen con agua destilada.

Buffer a pH 4.5

1. Pesar 54.43 g de Acetato de Sodio trihidratado ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) en un beaker y agregar agua destilada hasta un volumen de 950 ml.
2. Medir el pH y ajustar el valor de pH hasta 4.5 (± 0.05) con ácido clorhídrico puro (HCl).
3. Transferir a un balón de 1 litro y completar a volumen con agua destilada.

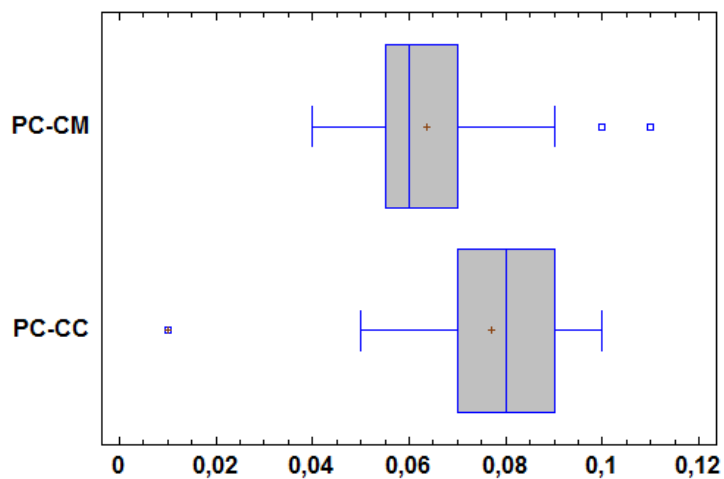
ANEXO F

ESPEORES DE PELICULAS COMESTIBLES A BASE DE RC-CM Y RC-CC

MEDICIONES	RC-CM			RC-CC		
	M1	M2	M3	M1	M2	M2
1	0,06	0,09	0,11	0,01	0,08	0,06
2	0,04	0,08	0,07	0,08	0,08	0,06
3	0,04	0,07	0,07	0,08	0,08	0,06
4	0,05	0,07	0,04	0,07	0,06	0,07
5	0,04	0,06	0,06	0,08	0,07	0,08
6	0,07	0,06	0,06	0,09	0,07	0,08
7	0,08	0,06	0,06	0,09	0,07	0,07
8	0,09	0,08	0,07	0,09	0,07	0,07
9	0,05	0,06	0,05	0,07	0,07	0,07
10	0,05	0,07	0,07	0,06	0,08	0,07
11	0,1	0,07	0,06	0,08	0,08	0,07
12	0,07	0,06	0,06	0,08	0,07	0,08
13	0,07	0,07	0,06	0,1	0,07	0,08
14	0,07	0,05	0,06	0,1	0,08	0,09
15	0,07	0,05	0,05	0,1	0,09	0,09
16	0,05	0,07	0,06	0,1	0,09	0,09
17	0,06	0,06	0,06	0,08	0,07	0,1
18	0,07	0,06	0,06	0,06	0,09	0,09
19	0,07	0,05	0,07	0,05	0,08	0,08
20	0,05	0,05	0,07	0,07	0,09	0,08
media	0,0625	0,0645	0,0635	0,077	0,077	0,077

ANEXO G

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ESPESOR PC-CC Y PC-CM



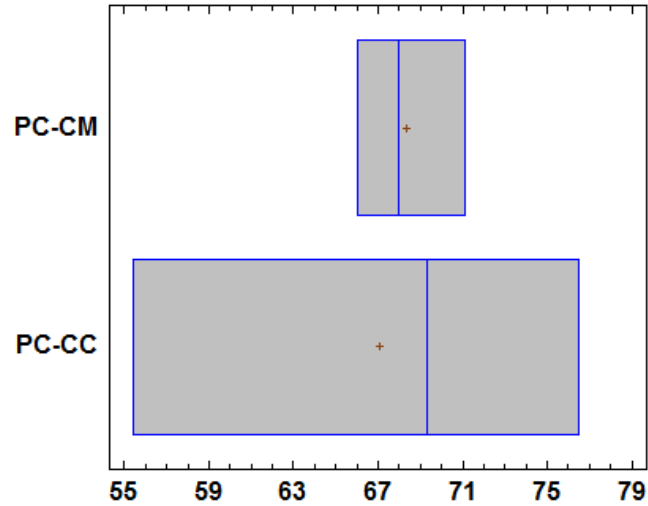
ANEXO H.

CONTENIDO DE AGUA Y SOLUBILIDAD EN AGUA DE LAS DOS FORMULACIONES DE PELÍCULAS COMESTIBLES, RC-CM y RC-CC.

	PC-CM	PC-CC
Contenido de Humedad (%)	15,92	14,89
Total de materia soluble en agua (%)	68,38	67,06

ANEXO I.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA SOLUBILIDAD DE PC-CC Y PC-CM



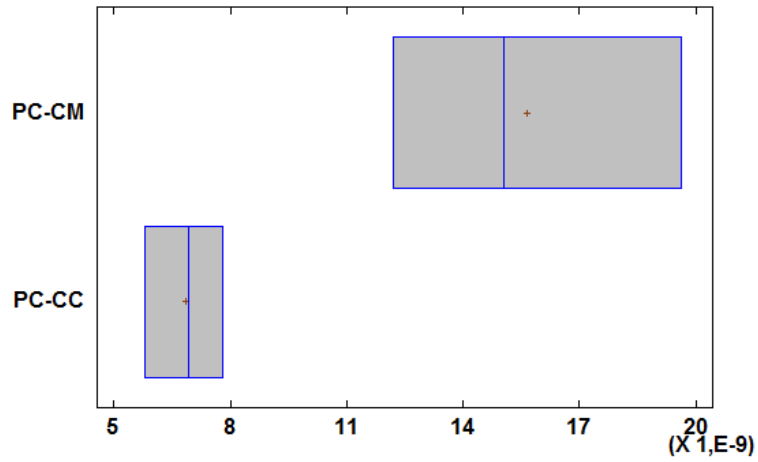
ANEXO J.

VALORES DE LA PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (PWA) DE PC-CM Y PC-CC, PARA UN GRADIENTE DE $75 \pm 0,2/100$ %HR Y 25°C DE TEMPERATURA.

	Temp ($^\circ\text{C}$)	HR %	WVP (g/m s Pa)
PC-CM	24 ± 2	$75 \pm 2/100$	1,56346E-08
PC-CC	24 ± 2	$75 \pm 2/100$	6,84187E-09

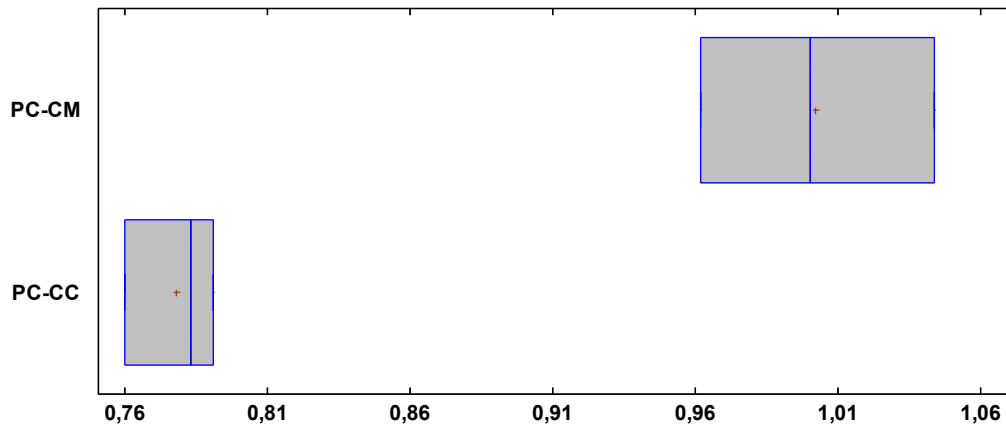
ANEXO K.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA PERMEABILIDAD DE PC-CC Y PC-CM



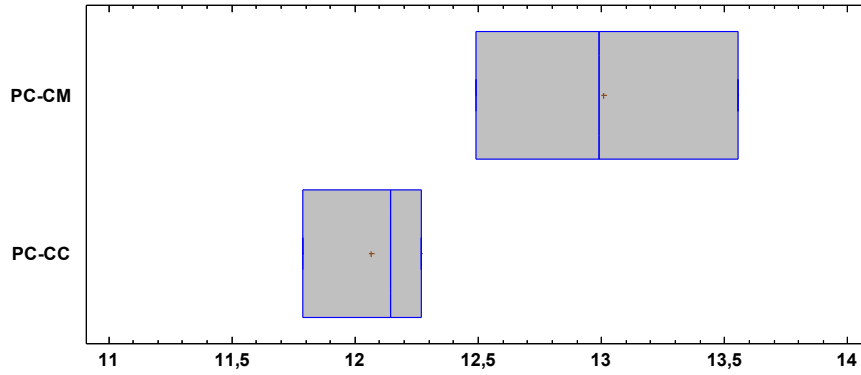
ANEXO L.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA TRANSPARENCIA DE PC-CC Y PC-CM, SEGÚN MÉTODO HENG



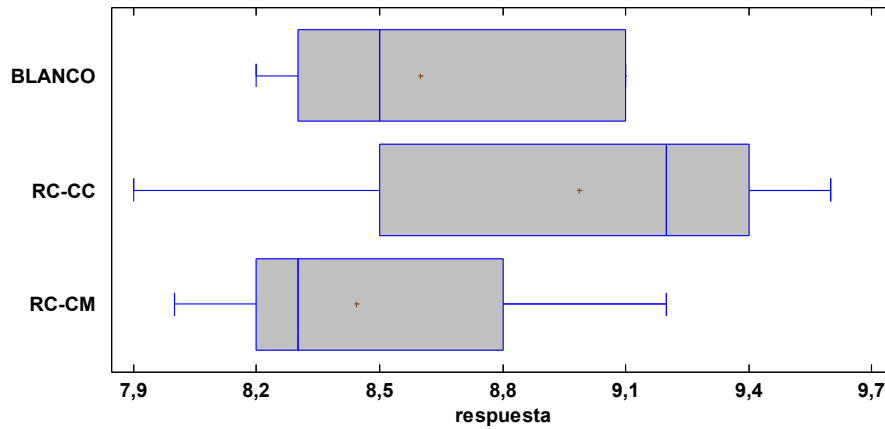
ANEXO M.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA TRANSPARENCIA DE PC-CC Y PC-CM, SEGÚN MÉTODO CHOI & HAN

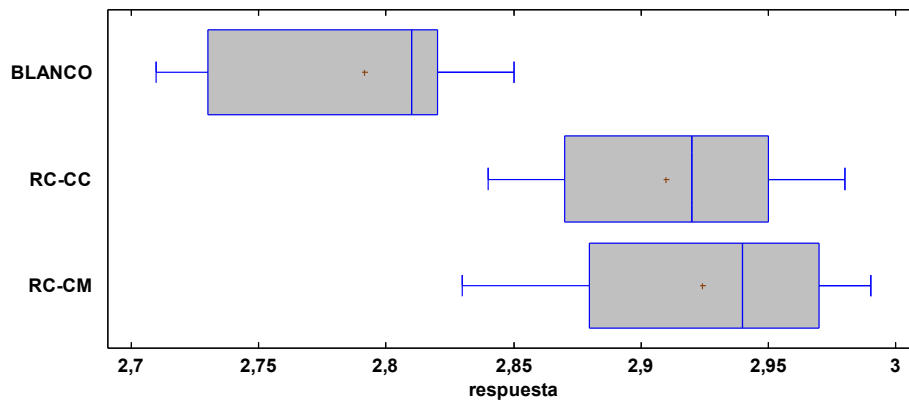


ANEXO N.

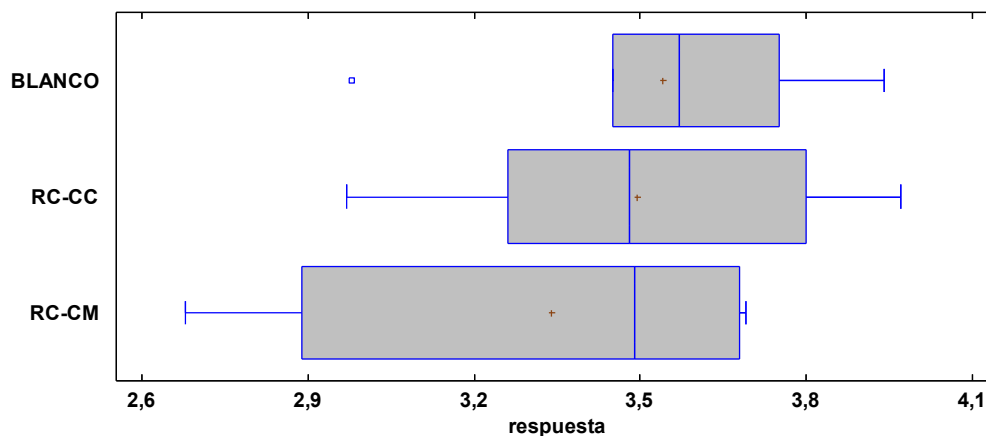
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL COMPORTAMIENTO DE LA VALORACIÓN FÍSICOQUÍMICA EN LA CALIDAD DE FRUTOS DE MORA RECUBIERTOS CON RC-CM Y RC-CC Y SU TESTIGO(, EMPACADAS EN ATMÓSFERA MODIFICADA PASIVA Y ALMACENADAS BAJO CONDICIONES DE REFRIGERACIÓN.



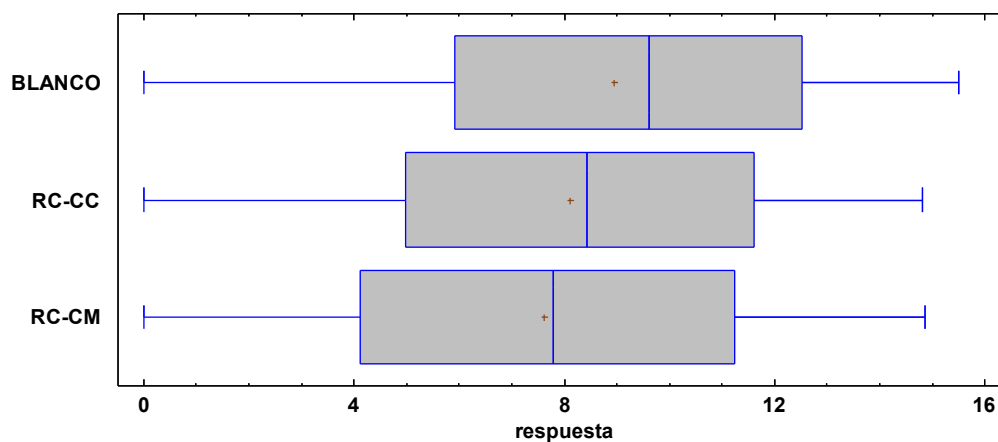
a.



b.



c.

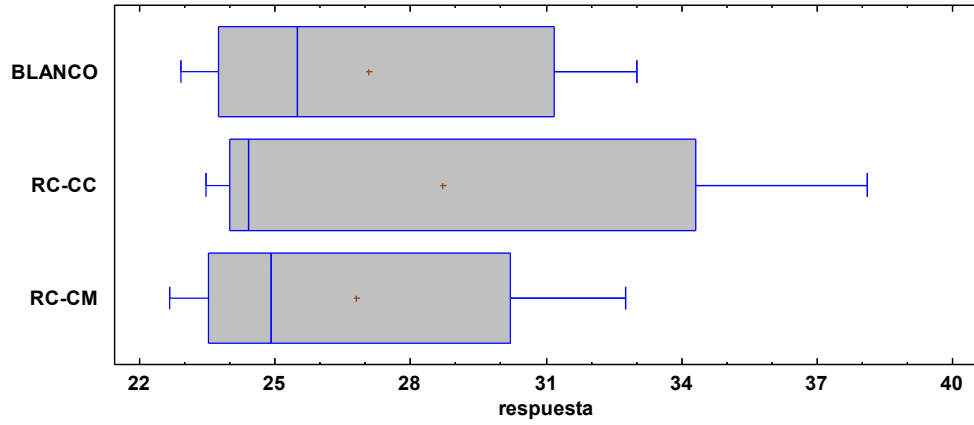


d.

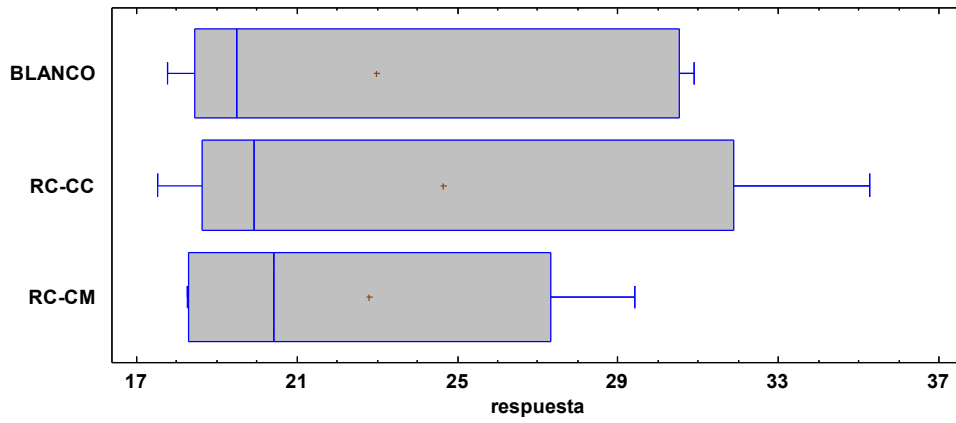
a. Porcentaje de solidos solubles totales (%SST) b. Cambios en el pH c. Relación del %ATT de los tratamientos evaluados d. Porcentaje de las pérdidas de peso

ANEXO Ñ.

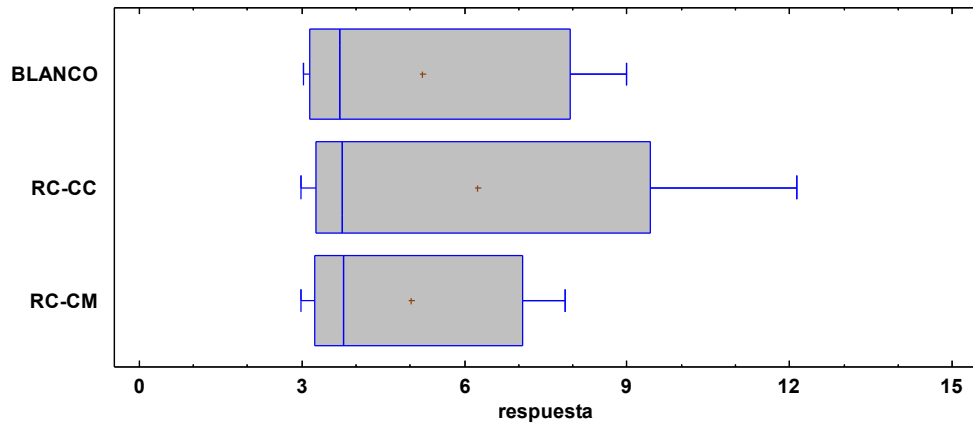
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EVOLUCIÓN DE LOS VALORES DE LOS PARÁMETROS DE COLOR *L(A), *A (B), *B (C) Y ΔE (D) DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS (BLANCO, RC-CM Y RC-CC) DURANTE LOS 13 DÍAS DE ALMACENAMIENTO A 3°C.



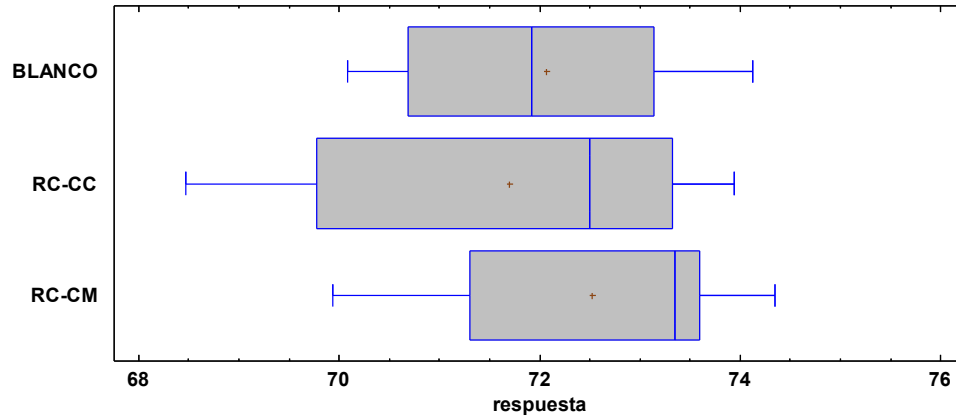
a.



b.



c.

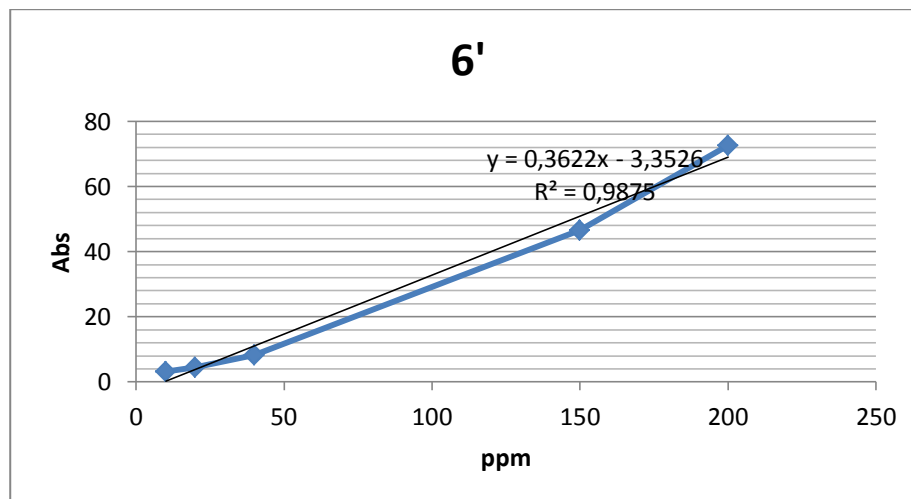


d.

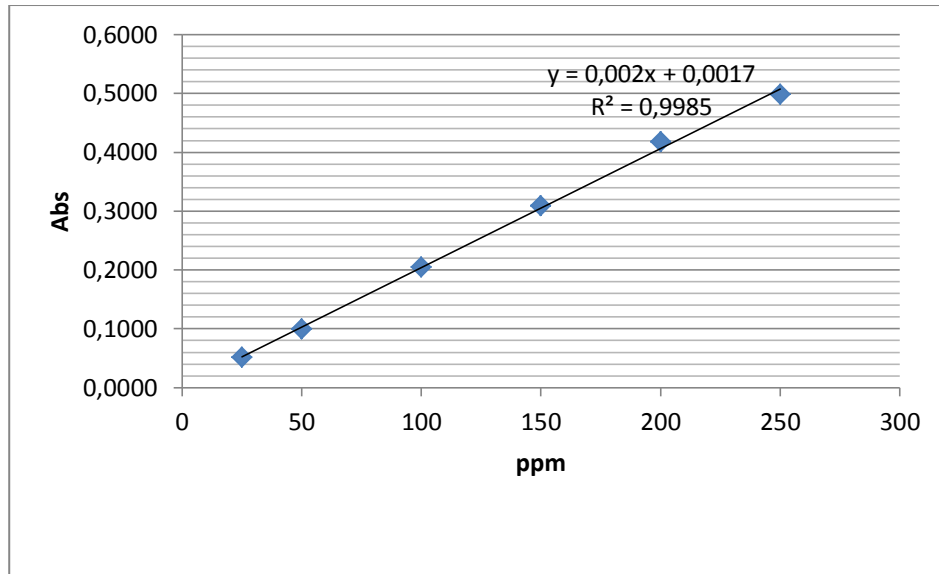
ANEXO O

CURVAS DE CALIBRACIONES EMPLEADAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y FENOLES TOTALES.

a. Curva de calibración utilizando **Ácido Ascórbico** como estándar con un tiempo de 6 minutos.

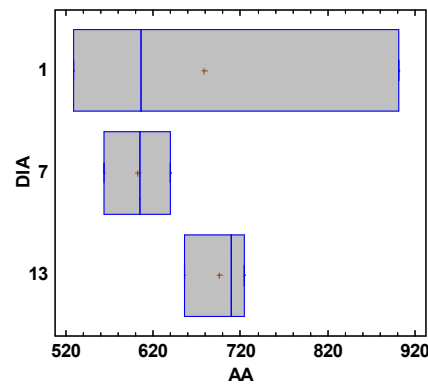


b. Curva de calibración utilizando **Ácido Gálico** como estándar

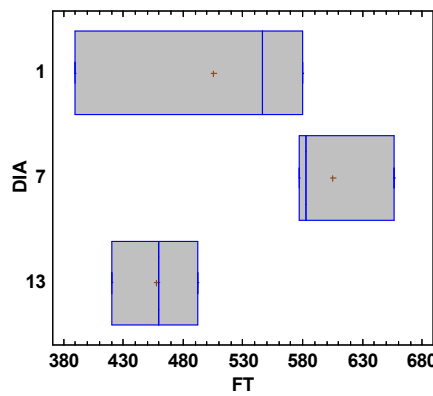


ANEXO P.

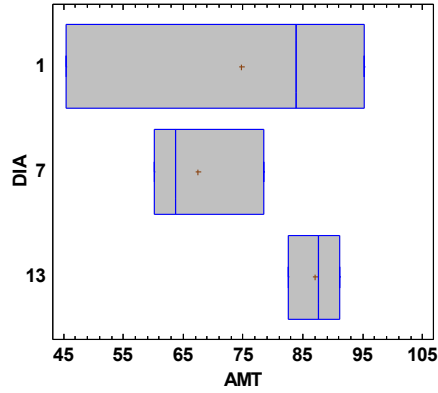
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL COMPORTAMIENTO DE COMPUESTOS FUNCIONALES EN MORA DE CASTILLA RECUBIERTA CON RC-CM Y RC-CC.



a.



b.

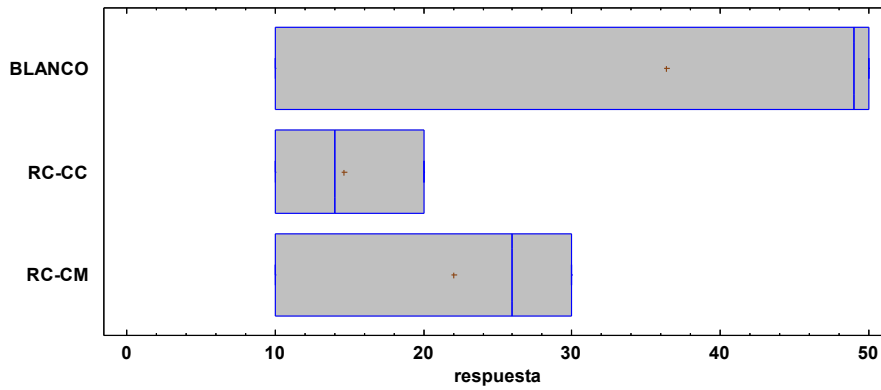


C.

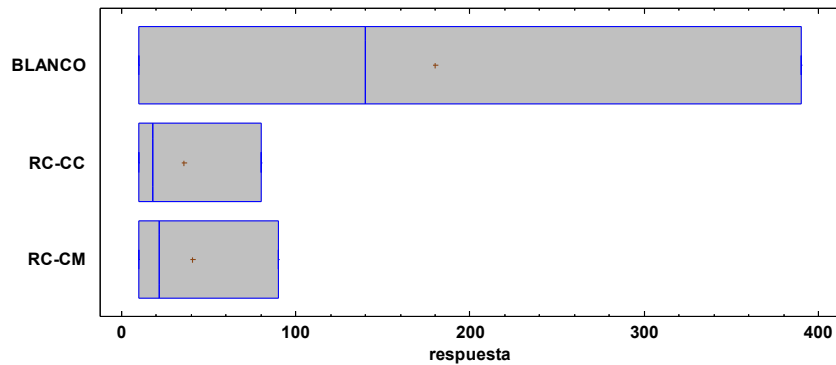
a. Actividad Antioxidante. b. Fenoles Totales. c. Antocianos Monoméricos Totales

ANEXO Q.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL RECUENTO MICROBIOLÓGICO (MICROORGANISMOS MESÓFILOS Y HONGOS Y LEVADURAS) DE BLANCO, RC-CM Y RC-CC



a.



b.

a. Microorganismos Mesófilos. b. Hongos y Levaduras