

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL**



**“EVALUACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES
A BASE DE MUCILAGO DE CHÍA (*Salvia hispanica* L.) SOBRE
LA CONSERVACIÓN POSTCOSECHA DE PALTA (*Persea
americana* Mill.) VARIEDAD HASS”**

**Tesis para optar el Título Profesional de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentado por:

Bach. Beatriz Cándida ROQUE RIVEROS

AYACUCHO – PERÚ

2014

DEDICATORIA:

*A mi mamá, Susana, por su infinito amor,
ejemplo de vida y apoyo incondicional
para seguir adelante en todo momento*

*A mi papá, Julio, por su gran cariño y por
procurar lo mejor para mí.*

*A mis hermanos y hermanas, por su
inmenso cariño, comprensión, apoyo
constante y, por las vivencias y alegrías de
cada día.*

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme las fuerzas y salud para seguir adelante a pesar de los obstáculos.

A mi alma Mater, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por todo lo vivido y aprendido en mis años de formación profesional.

A mi asesor, el Ing. Percy F. Velásquez Ccosi, por su amistad, apoyo y orientación, fundamentales para la realización de este trabajo y de mi formación profesional.

A mis colaboradores, que han entregado su valioso tiempo y esfuerzo a la realización de un sueño, en especial a mi estimada amiga y colega Ruth Ventura.

A los responsables de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, por su valiosa ayuda en el desarrollo de este trabajo.

A mis amigos y compañeros de estudio, por su amistad, apoyo, y por hacer de mi vida Universitaria un recuerdo inolvidable.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en los laboratorios de biotecnología agroindustrial e investigación A-B de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, las semillas de chía fueron provenientes del distrito de Acosvinchos anexo de Urpay y los frutos de palta variedad Hass fueron suministradas por la Asociación de Productores Agropecuarios y Agroindustriales Señor de Pachapunya, del distrito de Luricocha, provincia de Huanta, en la región Ayacucho.

En la primera etapa de la investigación, se estudió la solubilidad en agua, propiedades ópticas y microestructura de las películas obtenidas a partir de soluciones acuosas de mucílago de chía-glicerol (MG) y emulsiones de cera de abeja-ácido oleico (EC), a través de la metodología de diseño central compuesto rotatable (DCCR). La solubilidad en agua de las películas disminuyó significativamente a medida que la concentración de EC aumentó, siendo el parámetro óptimo para el mínimo de solubilidad en agua a 0,703 MG (%) y 0,924 EC (%) para obtener un 38,655 % de solubilidad. Asimismo en las propiedades ópticas, los componentes de las películas influyen en la variación cualitativa del color (h^*), el MG tiene efecto en la máxima fuerza y pureza del color (C^*) de las películas y la EC efecto la capacidad de reflejar la luz blanca (L^*) que incide en él, debido a la fase dispersa en el medio, que dio lugar a una superficie menos homogénea durante el secado de las películas, que afecta su capacidad de reflejar la luz blanca. Las películas con más concentraciones de EC dieron lugar a la formación de una estructura quebrada (no continua), donde parece apreciarse algunas zonas cristalinas,

que también podrían contribuir a explicar la reducción en la solubilidad de las películas composites obtenidas.

En la segunda fase del trabajo se seleccionaron tres películas de distintas propiedades y se utilizó el diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA) para evaluar su efecto como recubrimiento comestible de palta variedad Hass. Los componentes de las cubiertas (polisacáridos y lípidos) contribuyeron a mejorar las propiedades de barrera al pavor de agua, siendo los frutos con el tratamiento RC-05 (0,70 % MG y 0,50 % EC) los que presentaron menores promedios de pérdidas de peso (10,92%), seguidos de aquellos recubiertos con el tratamiento RC-01 (1,01 % MG y 0,20 % EC) y RC-09. (1,75 % MG y 0,50 % EC). Asimismo estos componentes limitan la acción enzimática que provoca el ablandamiento de los frutos al reducir el intercambio gaseoso, ayudando así al mantenimiento de su textura y al efecto de los cambios metabólicos que generan la producción de ácidos grasos en los frutos de palta. Para la comparación múltiple de medias de pérdida de peso, textura y contenido de aceite como efectos de los tratamientos, se utilizó la Prueba de Tukey, donde se pudo observar que los frutos con tratamiento RC-05 presentaron menor pérdida de peso y mayor firmeza.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
2.1. La palta (<i>Persea americana</i> Mill.)	4
2.1.1. Origen y distribución geográfica	4
2.1.2. Taxonomía	5
2.1.3. Descripción botánica	6
2.1.4. Razas o grupos ecológicos	7
2.1.5. Variedades	8
2.1.6. Composición química	10
2.1.7. Desarrollo y fisiología de maduración de los frutos	11
2.1.8. Madurez del fruto	17
2.1.9. Cosecha	18
2.1.10. Postcosecha	19
2.2. Recubrimientos comestibles y/o biodegradables	21
2.2.1. Propiedades	22
2.2.2. Componentes	22
2.2.2.1. Hidrocoloides	23
2.2.2.2. Lípidos	25
2.2.2.3. Composites o compuestos	25
2.2.3. Propiedades de las películas	28
2.2.4. Aplicación de los recubrimiento comestibles en frutas y hortalizas	31

2.2.5.	Tecnologías para la aplicación de recubrimientos comestibles (RC) y películas comestibles (PC)	33
2.3.	Chía (<i>Salvia hispanica</i> L.)	34
2.3.1.	Características de la chía	35
2.3.2.	Composición química y aspectos nutricionales	37
2.3.3.	Caracterización fisicoquímica del mucílago de chía	38
III. MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1.	Materiales, equipos, reactivos e insumos	40
3.1.1.	Materia prima	40
3.1.2.	Materiales	41
3.1.3.	Equipos	41
3.1.4.	Insumos	42
3.1.5.	Software	42
3.2.	Métodos	43
3.2.1.	Extracción de mucílago de chía	43
3.2.2.	Preparación de las formulaciones formadoras de recubrimiento (FFRs)	45
3.2.3.	Obtención de películas	45
3.2.4.	Caracterización de películas	45
3.2.4.1.	Solubilidad en agua	45
3.2.4.2.	Propiedades ópticas	46
3.2.4.3.	Análisis microestructural	46
3.2.5.	Procedimiento experimental para la aplicación de los recubrimientos comestibles en paltas.	46
3.2.6.	Análisis del efecto de los recubrimientos comestibles	49

3.2.6.1. Pérdida de peso	49
3.2.6.2. Propiedades mecánicas (textura)	49
3.2.6.3. Propiedades ópticas	50
3.2.6.4. Contenido de aceite (% de aceite)	50
3.3. Diseño experimental	51
3.3.1. Diseño experimental para las formulaciones de las películas	51
3.3.1.1. Identificación de las variables	51
3.3.2. Diseñó experimental para el efecto de recubrimiento comestibles en las paltas	54

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de las películas	56
4.1.1. Solubilidad en agua	56
4.1.2. Propiedades ópticas	59
4.1.3. Análisis microestructural	64
4.2. Análisis del efecto de los recubrimientos comestibles	66
4.2.1. Pérdida de peso	66
4.2.2. Propiedades mecánicas (textura)	70
4.2.3. Contenido de aceite (%)	72
4.2.4. Propiedades ópticas	75

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. Partes del fruto de palta	6
Figura 2.2. Fruto de palta variedad Hass	10
Figura 2.3. Fases de las rutas metabólicas de la espiración en frutos	17
Figura 2.4. Modelos de resistencia a la transferencia de vapor de agua para recubrimientos laminados (a) y emulsionados (b)	28
Figura 2.5. Plántulas (izquierda) e inflorescencias de <i>Salvia hispanica</i> L. (derecha)	36
Figura 2.6. Semillas de chía (<i>Salvia hispanica</i> L.)	36
Figura 2.7. Estructura del mucílago de chía (<i>Salvia hispanica</i> L.)	39
Figura 3.1. Diagrama de flujo de extracción de mucílago de chía	44
Figura 3.2. Diagrama de flujo para la aplicación de los recubrimientos comestibles en paltas	48
Figura 4.1. Superficie de respuesta de los efectos combinados de MG (%) y EC (%) sobre la solubilidad (pérdida de peso %) de las películas	59
Figura 4.2. Superficie de respuesta de los efectos combinados de MG (%) y EC (%) en los valores de luminosidad (L*) de las películas	62
Figura 4.3. Superficie de respuesta de los efectos combinados de MG (%) y EC (%) en los valores de croma (C*) de las películas	63
Figura 4.4. Superficie de respuesta de los efectos combinados de MG (%) y EC (%) en los valores de tono (h*) de las películas	63
Figura 4.5. Micrografías obtenidas mediante el Stereomicroscopio AmScope MT de las diferentes películas	65

Figura 4.6.	Efecto de los recubrimientos en la retención de peso de las paltas almacenadas a condiciones ambientales	67
Figura 4.7.	Aspecto físico de las paltas recubiertos (a) y no recubiertos (b) al día 36 de almacenamiento a condiciones ambientales	68
Figura 4.8.	Prueba de Tukey para la pérdida de peso de las paltas con recubrimientos comestibles	69
Figura 4.9.	Efecto de los recubrimientos comestibles en la firmeza de las paltas almacenadas a condiciones ambientales	71
Figura 4.10.	Prueba de Tukey para la textura de las paltas con recubrimientos comestibles	72
Figura 4.11.	Efecto de los recubrimientos comestibles en el contenido de aceite (%) de las paltas almacenadas a condiciones ambientales	74
Figura 4.12.	Prueba de Tukey para el contenido de aceite (%) de las paltas con recubrimientos comestibles	75
Figura 4.13.	Luminosidad (L^*) (a), croma (C^*) (b) y tono (h^*) (c) de las paltas a cada tiempo del almacenamiento a condiciones ambientales.	77
Figura 4.14.	Prueba de Tukey para los valores de croma de pulpa de las paltas con recubrimientos comestibles	78
Figura 4.15	Prueba de Tukey para los valores de tono de pulpa de las paltas con recubrimientos comestibles	79

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 2.1. Clasificación taxonómica de la palta	5
Cuadro 2.2. Composición química por cada 100 g de pulpa comestible de palta	11
Cuadro 2.3. Clasificación de los frutos de su comportamiento respiratorio durante la maduración	15
Cuadro 2.4. Características de los principales polisacáridos utilizados en la formulación de los recubrimientos	23
Cuadro 2.5. Características de las principales proteínas y lípidos utilizados en la formulación de los recubrimientos	24
Cuadro 2.6. Algunos de los recubrimientos comerciales que se aplican en frutas y hortalizas frescas y enteras	32
Cuadro 2.7. Clasificación taxonómica de la chía	35
Cuadro 2.8. Composición proximal correspondiente a diversos cultivos (%b.s.)	37
Cuadro 3.1. Variables independientes y dependientes investigadas en la obtención de películas	51
Cuadro 3.2. Características de los tratamientos según los factores en estudio	52
Cuadro 4.1. Análisis de varianza para la solubilidad de las películas (pérdida de peso %)	57
Cuadro 4.2. Valores de MG y EC en el efecto óptimo de solubilidad de las películas	57
Cuadro 4.3. Valores de MG y EC en el efecto mínimo de solubilidad de las	58

películas

Cuadro 4.4.	Análisis de varianza para la luminosidad (L^*), croma (C^*) y tono (h^*) de las películas	60
Cuadro 4.5.	Valores de MG y EC en el efecto óptimo de la luminosidad (L^*), croma (C^*) y tono (h^*) de las películas	61
Cuadro 4.6.	Análisis de varianza para la pérdida de peso (%) de las paltas con recubrimientos comestibles y las muestras control	67
Cuadro 4.7.	Análisis de varianza para la textura (mm) de las paltas con recubrimientos comestibles y las muestras control	69
Cuadro 4.8.	Análisis de varianza para el contenido de aceite (%) de las paltas con recubrimientos comestibles y las muestras control	73
Cuadro 4.9.	Análisis de varianza para la luminosidad (L^*), croma (C^*) y tono (h^*) de la pulpa de las paltas con recubrimientos comestibles y las muestras control	76

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1 Ficha técnica de la chía
- Anexo 2 Condiciones experimentales para la extracción de mucílago de chía
- Anexo 3 Caracterización de las formulaciones formadoras de recubrimiento (FFRs)
- Anexo 4 Resultados experimentales de la solubilidad de las películas
- Anexo 5 Resultados experimentales de la luminosidad (L), croma (C*) y tono (h*) de las películas
- Anexo 6 Vistas de las películas
- Anexo 7 Características de las unidades experimentales
- Anexo 8 Resultados experimentales del efecto de los recubrimientos comestibles en la pérdida de peso de las palta variedad Hass
- Anexo 9 Resultados experimentales del efecto de los recubrimientos comestibles en la textura (mm) de las palta variedad Hass
- Anexo 10 Resultados experimentales del efecto de los recubrimientos comestibles en el contenido de aceite (%) de las palta variedad Hass
- Anexo 11 Resultados experimentales de la luminosidad (L*), croma (C*) y tono (h*) de la pulpa de las paltas con recubrimiento y muestras control
- Anexo 12 Maduración de las paltas con recubrimiento y muestras control
- Anexo 13 Resumen fotográfico del trabajo de investigación

I. INTRODUCCIÓN

El consumidor exige cada vez más alimentos de mejor calidad y de mayor vida de anaquel. Esto ha fomentado la investigación en el campo de películas a partir de proteínas, lípidos y polisacáridos que han sido realizados con el propósito de determinar su efectividad como barreras a la transferencia de masa y gases (Pastor *et al.*, 2005). Entre la variedad de compuestos disponibles para elaborar recubrimientos comestibles esta la cera de abeja y polisacáridos como gomas y mucílagos

La cera de abeja está formada por ácidos grasos formados por reacciones químicas en el interior de las abejas. Estos compuestos hidrofóbicos y no poliméricos tienen buenas propiedades de barrera al vapor de agua y a los gases, pero tienen poca capacidad para formar recubrimientos (Shellhammer y Krochta, 1997). Por el contrario los hidrocoloides (polisacáridos o proteínas), forman recubrimientos con buenas propiedades mecánicas y son una buena barrera para los gases (oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂)), pero no impiden suficientemente la transmisión de vapor de agua (Drake *et al.*, 1988). El mucílago de chía es un polisacárido de alto

peso molecular, el cual varía entre 0,8 a 2×10^6 daltons. La alta solubilidad en agua del mucílago de chía (50 g/mL) le confiere una potencial aplicabilidad industrial, debido a que se considera que las gomas y mucílagos con mayor solubilidad son de mayor calidad (Mhinzi y Mrosso, 1995).

La palta (*Persea americana* Mill.) es un producto altamente perecedero. En aproximadamente 5 días después de la cosecha, este fruto completa su madurez bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad (Jeong *et al.*, 2003). Es por lo tanto necesario utilizar técnicas como la refrigeración y el almacenamiento en atmósferas controladas/modificadas, para extender su vida de anaquel.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar los recubrimientos comestibles a base de mucílago de chía (*Salvia hispanica* L.) sobre la conservación postcosecha de palta (*Persea americana* Mill.) variedad Hass.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar formulaciones formadoras de recubrimiento (FFRs) a base de mucílago de chía-glicerol y emulsión de cera de abeja-ácido oleico.
- Optimizar la formulación de las denominadas películas (recubrimientos secos y aislados) a base de mucílago de chía-glicerol y emulsión de cera de abeja-ácido oleico mediante el estudio de la solubilidad en agua, propiedades ópticas y del análisis microestructural.
- Estudiar la influencia de la aplicación de los recubrimientos comestibles en palta variedad Hass, durante el almacenamiento en condiciones ambientales, a través de la determinación de los parámetros más relevantes desde un punto de vista de la calidad del fruto, que influyan en la ralentización del proceso de maduración y en la conservación de la calidad de la palta.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 LA PALTA (*Persea americana* Mill.)

2.1.1 Origen y distribución geográfica

La palta (*Persea americana* Mill.), conocido también como aguacate en otros países americanos, es originaria de un ámbito que comprende áreas tropicales y subtropicales de México, Centro América y las Antillas (Maza, 2008). Partiendo de pruebas arqueológicas encontradas en Tehuacán en el Estado de Puebla, con una antigüedad aproximada de 10,000 años, se ha determinado concretamente que el árbol de palta se originó en México, Centro América hasta Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú (Teliz, 2000). El cultivo fue expandiéndose hacia Centro y Sur América y muy posteriormente a la colonización, llegó a otros lugares fuera del continente americano. Los españoles lo llevaron a Europa en el siglo XVI, junto con otros alimentos nuevos descubiertos en las primeras expediciones a América, como son la papa, el maíz, algunas frutas tropicales (Bartoli, 2008).

2.1.2 Taxonomía

Cuadro 2.1: Clasificación taxonómica de la palta

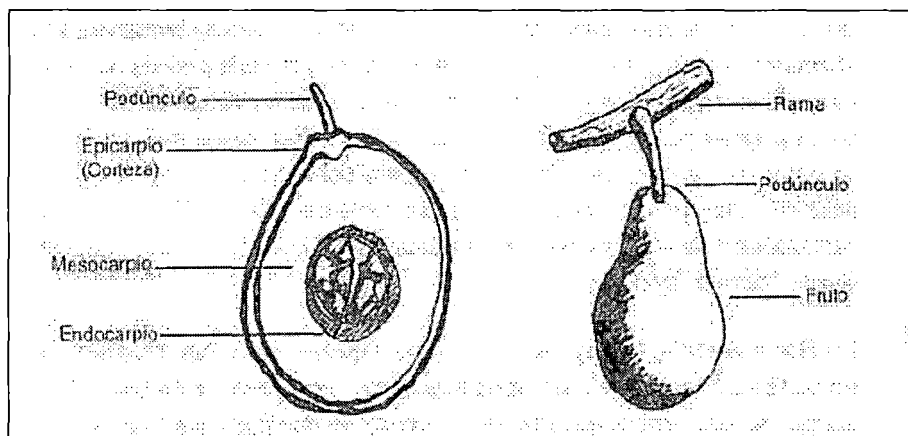
Reino	: Plantea
División	: Spermatophyta
Subdivisión	: Angiosperma
Clase	: Dicotyledoneae
Subclase	: Dipétala
Orden	: Ranales
Familia	: Lauraceae
Género	: <i>Persea</i>
Especie	: <i>Persea americana</i> Mill.

Fuente: Bernal *et al.* (2008)

La palta pertenece a la familia Lauraceae y, en la actualidad el género *Persea* contiene alrededor de 85 especies, y la mayoría se encuentran desde el sur de los Estados Unidos de Norteamérica (*Persea borbonia*) hasta Chile (*Persea lingue*). Solo son las excepciones *Persea indica* que se encuentra en las Islas Canarias en España y probablemente otras del sur de Asia que se piensa pertenecen a *Persea*. La palta pertenece al género *Persea*, el cual a su vez se divide en dos subgéneros: *Persea* y *Eriodaphne* cuya principal forma de distinción es por la pubescencia de la cara interior de los sépalos; *Persea* tiene ambas caras pubescentes y en *Eriodaphne* la cara interna es sin pubescencia, con la excepción de *Persea pallida*, *Persea rigens* y *Persea cinerascens*. La especie *Persea americana* Mill., pertenece al subgénero *Persea*, que se conoce como el de las verdaderas paltas y que son de un tamaño mayor que los del otro subgénero (García, 2010).

2.1.3 Descripción botánica

El fruto es una baya de un gineceo unicarpelar y que contiene una sola semilla. El pericarpio consiste de tres capas: el exocarpio que comprende la cáscara, el mesocarpio pulposo que es la porción comestible de la fruta, y una capa interna delgada junto a la cubierta de la semilla que corresponde al endocarpio (Schroeder, 1942). Los frutos son de tamaño diverso, los hay de cáscara lisa, rugosa, fina, gruesa, mediana y delgada su color puede ser de diferentes tonos, desde verde, rojizo, marrón, morados hasta negros. Su forma es variada, los hay piriformes, ovaladas, redondas o elípticas. El contenido de pulpa varía desde el 40 hasta 80%, su humedad puede ser del 65 a 80%. En relación al peso pueden encontrarse frutos desde 50 g hasta 2,5 kg (García, 2010).



Fuente: Amortegui (2001)

Figura 2.1: Partes del fruto de palta

2.1.4 Razas o grupos ecológicos

El término “raza” se utiliza porque éstas presentan características específicas, que se propagan y fijan. Durante la época de la conquista, los cronistas españoles destacaron las propiedades alimenticias de la palta y la gran diversidad existente, éstas permitieron al ilustre horticultor Wilson Popenoe agruparlas por caracteres comunes en tres razas (Bartoli, 2008), las cuales son:

Mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*):

Originaria de los valles y altiplanos de México Central, con clima subtropical a templado y alturas de 1,500 hasta más de 2,000 msnm, es resistente al frío, de fruto generalmente pequeño, de 30 a 80 mm de largo, con pesos de 90 a 180 g, de forma piriforme, de cáscara delgada y de superficie exterior lisa. Comúnmente de color verde pero alcanza tonalidades más oscuras entre morado y negro. La pulpa tiene un alto contenido de grasa (10 a 25 %), que en su madurez tiene un sabor de nuez. Las hojas son más pequeñas que las otras dos razas, las cuales junto con los tallos tiernos, tienen glándulas esenciales, cuyo contenido es una esencia de olor parecido al anís, lo cual se nota al estrujar las hojas con la mano. La semilla es de tamaño pequeño.

Guatemalteca (*Persea nubigena* var. *Guatemalis*):

Originaria del Centro-Occidente de Guatemala, con alturas entre 1,000 y 2,000 msnm, presenta cáscara gruesa, resistente al transporte del fruto. Se caracteriza por ser menos resistente al frío que la raza mexicana, con frutos de tamaño mediano a gran tamaño de 7,5 a 25 cm de largo y peso de 120 a 1500 g. Los frutos tienen forma esférica, ovalada o piriforme, el grosor del epicarpio oscila entre 2 y 12 mm y de consistencia correosa, dura hasta casi leñosa en algunas variedades, su superficie es

quebradiza y a veces granulada y de color verde opaco, incluso morado. La pulpa es algo fibrosa con alto contenido de grasa (18 a 20 %), que en su madurez el sabor varía de mantequilla al de nuez. La semilla o hueso es de gran tamaño y suele llenar toda la cavidad que la contiene. Las hojas son de mayor tamaño que las de la raza mexicana, sin olor a anís.

Antillana (*Persea americana* var. *americana*):

Originaria de la costa del Pacífico de Chiapas (México), Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, en alturas menores a 1,000 msnm, susceptible al frío, resistente a salinidad y clorosis. El período de flor a formación del fruto es bastante corto. El pedúnculo es alargado en forma de cabeza de clavo. Adaptada a las tierras bajas y temperaturas altas, sus frutos son de tamaño mediano a grande (7.5 a 25 cm de longitud), con peso entre 110 g y 1,100 g. Los frutos presentan formas entre ovalados y piriformes, cáscara delgada pero más dura que los de la raza Mexicana de color verde claro a amarillo rojizo, la pulpa presenta un contenido bajo de grasa (5 a 15 %) y de sabor desde acuoso-insípido hasta el de mantequilla. El hueso de gran tamaño no suele llenar la cavidad que lo contiene.

2.1.5 Variedades

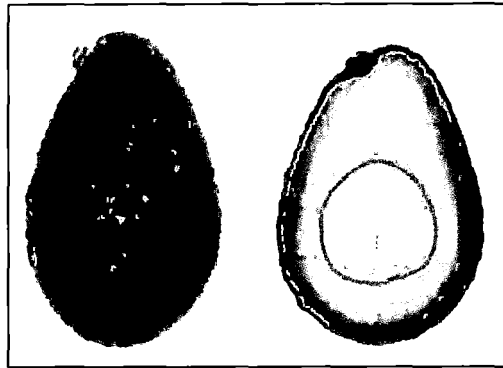
En el cultivo de la palta existen muchas variedades de gran importancia comercial, tanto para zonas de altura media (Simpson, Hall, Booth 7 , Booth 8, Kajalu) como para zonas altas (Ettinguer, Nabal, Fujikawa, Fuerte, Reed, Pinkerton, Hass), entre otras (Garbanzo, 2011).

En el presente documento se enfocan aspectos relacionados con la variedad Hass, por su importancia comercial tanto interno como en Estados Unidos y muchos países de Europa.

Hass

Es el principal cultivar del mundo, originado en la Habra Heights (California), por Rudolph G. Hass, de una semilla establecida en el Siglo XX, de progenitores desconocidos, pero más cercano a Guatemala y se piensa que proviene del antiguo cultivar Lion. El Hass cuenta con un 10 a 15% de la raza Mexicana y el resto, 85 a 90%, de la raza Guatemalteca. Es autofértil, pero se recomienda como polinizador de Fuerte o Ettinger. El árbol se asemeja en su arquitectura a la del naranjo, pero de mayor tamaño; es de buena producción; sus frutos son de buena calidad y permiten el almacenamiento. Los frutos son de tamaño mediano, con un peso que va de 150 a 400 g y de 8 a 10 cm de largo; de forma ovoide a piriforme; la cáscara es rugosa, de color verde que se oscurece al madurar, tornándose negra (Figura 2.2). Esta condición es normal en el proceso de maduración de este material y a diferencia del concepto equivocado de ser una característica negativa, el hecho de que esta fruta se torne oscura cuando está madura, es un indicador natural de la madurez de consumo.

El contenido de grasa de la pulpa es del 17% hasta el 21%. Esta variedad es junto con Fuerte, Reed y Colinred, una de las mejores para su siembra en condiciones de clima frío moderado. La relación cáscara: semilla: pulpa es de 8,5:11,5:72 %, respectivamente (Bernal *et al.*, 2008).



Fuente: Bernal *et al.* (2008)

Figura 2.2: Fruto de palta variedad Hass.

2.1.6 Composición química

La porción comestibles de palta está constituida principalmente por grasa, proteínas, carbohidratos y minerales, en concentraciones que varían dependiendo de la raza, variedad, localización y estado fisiológico del fruto.

La importancia alimenticia de la palta se debe a que posee un gran número de componentes nutricionales que aportan beneficios al ser humano, en el Cuadro 2.2, se muestra dichos componentes y su la cantidad presente en 100 g de pulpa de palta de la variedad Hass.

Cuadro 2.2: Composición química por cada 100 g de pulpa comestible de palta

Composición nutricional de la palta cruda por 100 g de pulpa			
Agua	74,27 g	Hierro	0,40 mg
Energía	161 kcal	Zinc	1 mg
Grasa	15,32 g	Vitamina C	7,8 mg
Proteína	1,98 g	Vitamina B1	0,108 mg
Hidratos de carbono	7,39 g	Vitamina B2	0,122 mg
Fibra	5 g	Vitamina B6	0,280 mg
potasio	600 mg	Vitamina A	61 UI
Sodio	10 mg	Vitamina E	1,340 mg
Fosforo	41 mg	Folacina	20 mcg
Calcio	11 mg	Niacina	1,921 mg
Magnesio	39 mg	Glutathion	27,7 mg
Cobre	0,26 mg	Luteína	284 µg

Fuente: Biale (1971)

2.1.7 Desarrollo y fisiología de maduración de los frutos

Según Ojeda (2006) y Villamizar y Ospina (1995), la vida de los productos frutícolas puede dividirse en 3 etapas fisiológicas fundamentales, que son: crecimiento, maduración y senescencia. Arias y Toledo (2000) y Wills *et al.* (1998) señalan que estos términos generalmente crean confusión y los mismos se definirán a continuación:

DESARROLLO: Es la serie de eventos y procesos que ocurren desde el inicio del crecimiento hasta la maduración del fruto. Se divide en 4 fases: división, alargamiento celular, maduración y senescencia.

CRECIMIENTO: Es un proceso irreversible, que implica división celular y desarrollo de las células que dan cuenta del tamaño final alcanzado por el fruto.

MADURACIÓN: Es el conjunto de procesos que ocurren en el fruto durante los últimos estados de crecimiento y desarrollo referente a los cambios organolépticos para obtener su máxima calidad comestible y estética; marca el inicio de la senescencia. Entre los principales cambios observados tenemos cambios de color, abscisión (desprendimiento de la planta), cambios en la actividad respiratoria en la producción de etileno, modificación en la permeabilidad tisular, ablandamiento, pérdida de peso, cambios en la composición de los carbohidratos, modificaciones en los ácidos orgánicos, producción de sustancias aromáticas, cambios en las proteínas, desarrollo de la cera de la piel, entre otros atributos sensoriales. La maduración se considera como una reorganización metabólica, es decir, un proceso programado en el cual son sintetizadas las enzimas que conducen a la maduración. Como consecuencia de la maduración, los frutos desarrollan una serie de características físico-químicas que permiten definir distintos estados de madurez de los mismos.

MADUREZ FISIOLÓGICA: Un fruto fisiológicamente maduro es aquel que ha logrado un estado de desarrollo en el cual éste puede continuar madurando normalmente para consumo aun después de ser cosechado.

MADUREZ HORTÍCOLA: Estado del fruto en el que se encuentra apto para su consumo u otro fin comercial. La madurez hortícola puede coincidir o no con la madurez fisiológica.

MADUREZ ORGANOLÉPTICA: Estado de desarrollo en el que este alcanza su máxima calidad estética y reúne las características sensoriales deseables (color, sabor, aroma, textura, composición interna) para su consumo inmediato.

SENESCENCIA: Se define como una fase en la que los procesos bioquímicos anabólicos (sintéticos) dan paso a los catabólicos (degradativos), conduciendo al envejecimiento y finalmente a la muerte de los tejidos del fruto.

El crecimiento y la madurez fisiológica de los frutos solo se completan cuando permanecen unidos a la planta, pero la madurez hortícola, la madurez organoléptica y la senescencia pueden proseguir en la planta o después que han sido cosechados (Ojeda, 2006; Wills *et al.*, 1998).

Los frutos se clasifican en climatéricos y no climatéricos, según su tasa de respiración y de producción de etileno durante la maduración (Zambrano, 2006; Arias y Toledo, 2000).

FRUTOS CLIMATÉRICOS:

Son todos aquellos frutos que pueden ser cosechados cuando están fisiológicamente maduros y que posteriormente madurarán para su consumo. Presentan un pronunciado incremento en la tasa de respiración y la producción autocatalítica del

etileno durante la maduración, de igual manera, los cambios asociados con esta etapa de desarrollo (color, sabor, roma y textura) son rápidos, intensos y variados (Zambrano, 2006; Arias y Toledo, 2000). La intensidad y duración de la respiración climática varía ampliamente entre los frutos. El inicio de la respiración climática generalmente coincide con el máximo tamaño del fruto, y durante esa etapa ocurren todos los otros cambios característicos de la maduración (Ojeda, 2006). Un fruto climatérico permitirá ser cosechado y manipulado en estado pre-climatérico, para luego ser madurado durante su comercialización y transporte, preservando sus características de calidad para el consumidor final. Al estado pre-climatérico, la tasa respiratoria se encuentra a un mínimo, elevándose luego hasta 2 o 4 veces el mínimo pre-climatérico durante la fase de maduración (Zambrano, 2006).

En algunos frutos climatéricos, como el banano y el melón, la concentración de etileno se incrementa antes del incremento respiratorio al inicio de la maduración correspondiente a la etapa pre-climatérica. En otros frutos, como manzana, palta y mango, el etileno no incrementa antes del incremento de la respiración (Ojeda, 2006; Wills *et al.*, 1998).

FRUTOS NO CLIMATÉRICOS: Son los frutos que solo maduran mientras continúan unidos a la planta que los produce. No presentan un incremento ni en la tasa de respiración ni en la producción autocatalítica del etileno durante el proceso de maduración, los procesos de desarrollo y maduración son continuos y graduales (Zambrano, 2006; Arias y Toledo, 2000).

Estos frutos producen menores cantidades de etileno y los cambios de la maduración generalmente ocurren en forma más lenta que en los frutos climatéricos, y no han sido relacionados con el etileno. Hasta el momento no se sabe cual es el factor que coordina la maduración de estos frutos (Ojeda, 2006).

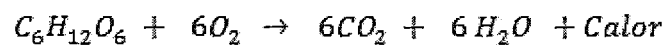
Cuadro 2.3: Clasificación de los frutos de su comportamiento respiratorio durante la maduración

FRUTOS CLIMATÉRICOS	FRUTOS NO CLIMATÉRICOS
Palta (<i>Persea americana</i>)	Limón sutil (<i>Citrus aurantifolia</i>)
Chirimoya (<i>Anona cherimola</i>)	Mandarina (<i>Citrus reticulata</i>)
Mango (<i>Magnifera indica</i>)	Naranja dulce (<i>Citrus sinensis</i>)
Melón (<i>Cucumis melo</i>)	Sandia (<i>Citrullus vulgaris</i>)
Papaya (<i>Carica papaya</i>)	Piña (<i>Ananas comosus</i>)
Plátano (<i>Musa sp</i>)	Toronja (<i>Citrus grandis</i>)
Maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)	Uva (<i>Vitis vinífera</i>)
Durazno (<i>Prunus pérsica</i>)	Cereza dulce (<i>Prunus avium</i>)
Albaricoque (<i>Prunus americana</i>)	Fresa (<i>Fragaria sp.</i>)
Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)
Manzana (<i>Malus sylvestris</i>)	

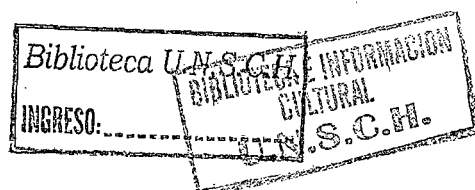
Fuente: Adaptado de Arias y Toledo (2000) y Wills *et al.* (1998)

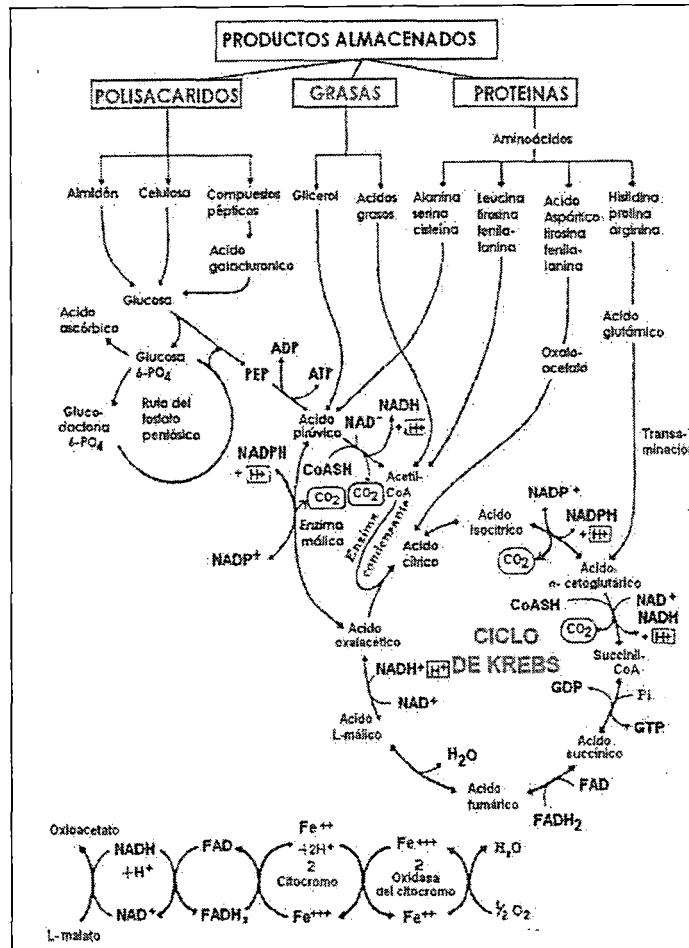
La respiración es proceso metabólico fundamental para el producto cosechado, puede tener lugar en presencia de O₂ (respiración aerobia) o en su ausencia (respiración anaerobia), es así que el fruto obtiene la energía necesaria para desarrollar una serie de procesos biológicos indispensables (Wills *et al.*, 1998; Villamizar y Ospina, 1995). El proceso respiratorio ocurre a expensas de las sustancias de reserva (almidón, azúcares y ácidos orgánicos) las que son oxidadas, con el consiguiente consumo de O₂ y, producción de CO₂ y agua. Adicionalmente, la respiración genera calor (calor vital) que al ser liberado al medio que rodea al fruto puede afectar al

producto cosechado (Zambrano, 20006; Arias y Toledo, 2000). También, a partir de la respiración se producen metabolitos intermediarios que permiten la formación de compuestos volátiles, pigmentos, componentes de la pared celular y síntesis de algunas hormonas involucradas en el proceso de maduración (Ojeda, 2006). Wills *et al.*, (1998) indican que el sustrato normal de la respiración es la glucosa, cuyo oxidación completa es la siguiente.



Pantástico (1985) señala que en la respiración de los frutos se encuentra tres fases en las rutas metabólicas y son las siguientes: (a) la descomposición de los polisacáridos en azúcares simples, (b) la oxidación de azúcares a ácido pirúvico y (c) la transformación aeróbica de piruvato y otros ácidos orgánicos en CO₂, agua y energía. En la Figura 2.3 se muestran las diversas interrelaciones hacia y de los productos intermedios de la respiración.





Fuente: Pantástico (1985).

Figura 2.3: Fases de las rutas metabólicas de la respiración en frutos

2.1.8 Madurez del fruto.

Según Olaeta, Undurruga y Gardiazabal, (1991), el contenido de aceite en paltas tiene una estrecha relación con el desarrollo de los frutos y con su palatabilidad, por lo que normalmente se utiliza como índice de madurez.

Gil (2004), define la madurez fisiológica o de cosecha como el estado de desarrollo en el cual la semilla adquiere la capacidad de reproducirse, o la pulpa una composición que permite su consumo con agrado mientras ésta permanece en la planta, o se puede producir potencialmente después de la cosecha y la madurez de

consumo como el estado en el que la fruta ha desarrollado la composición para ser consumida con agrado, ya sea en la planta o después de la cosecha, según la especie.

Según Jara (2007), Lee y Young (1978) la palta al alcanzar su madurez de consumo tiene un balance entre sabor y aroma que le dan una palatabilidad aceptable.

La palatabilidad del fruto, así su posterior comportamiento en postcosecha se ven afectados por el nivel de madurez que estos tengan (Olaeta, *et al.*, 1991).

Dentro del fruto del palto, la distribución del aceite no es homogénea, presentándose mayores concentraciones en el tejido ubicado hacia el punto de inserción con el pedúnculo, representando alrededor del doble de la concentración de aceite (31,6%), con respecto al tejido ubicado cercano a la semilla (16,8%). El tejido pulposo que rodea a la semilla muestra una mayor cantidad de aceite en el extremo distal de la semilla y una menor cantidad de aceite en el extremo proximal, siendo éste último el lugar donde se encuentra la menor cantidad de aceite de todo el fruto. Además, se pudo constatar que los puntos periféricos son más altos en contenido de aceite que los puntos interiores del fruto (Schroeder, 1987).

2.1.9 Cosecha

Es la fase de aprovechamiento comercial del cultivo, en la cual se debe planear, organizar y ejecutar todas las labores que permitan seleccionar, clasificar, empacar y comercializar la fruta en el mercado. Este proceso se inicia con la madurez fisiológica del fruto, es decir cuando se alcanza su máximo tamaño y no tiene dependencia del árbol para terminar su madurez. El palto florece en diferentes épocas del año, lo cual se debe tenerse en cuenta para la planeación del cultivo frente a la demanda del mercado.

Se recomienda realizar la cosecha del fruto en las horas de la mañana, donde el estrés causado al árbol por las altas temperaturas es menor, lo cual ayuda a disminuir las pérdidas por deshidratación.

La fruta al cosecharse no debe estar húmeda por rocío o lluvia, pues esto puede ayudar a que se presente ataque de patógenos (sobre todo enfermedades fungosas) que conllevan a disminuir la calidad del producto.

La palta no alcanza su fase climatérica mientras permanece en el árbol, por tanto su madurez de consumo se logra después de su recolección. La mayoría de variedades cultivables pueden permanecer en el árbol durante varios días, semanas e incluso meses después de la maduración fisiológica sin que se dé la caída de la fruta (Bernal *et al.*, 2008)

La recolección de la palta se hace preferiblemente de forma manual con cuchillo o tijeras, recolectando una a una cada fruta y conservando una pequeña porción del pedúnculo adherido al fruto (0,5 cm aproximadamente), para no acelerar el proceso de maduración y evitar la entrada de patógenos, el tamaño de este no debe ser mayor para evitar daño por roce con otros frutos (Whiley *et al.*, 2007)

2.1.10 Postcosecha

El manejo de la postcosecha se concibe como el conjunto de operaciones y procedimientos que se pueden realizar entre la producción y el consumo (o utilización industrial) de los productos agrícolas para proteger su integridad y preservar su calidad (Galvis, 1997).

Según Herrera (2011), la postcosecha son todas las actividades posteriores a la cosecha; el éxito de esta práctica dependerá del adecuado manejo agronómico. En el caso de la palta, además se debe tener en cuenta los procesos biológicos del fruto, para que los tratamientos permitan alcanzar los mayores niveles de calidad hasta su comercialización.

PRE ENFRIAMIENTO:

Al enfriamiento rápido tras la cosecha se le denomina pre enfriamiento y tiene como objetivo fundamental retirar el calor de campo para prolongar así su vida útil y su calidad durante la postcosecha. Los métodos para realizar el preenfriamiento son: por circulación forzada de aire, por frío húmedo, por inmersión en agua (hydro-cooling) y a vacío (vacuum-cooling), su selección depende de la temperatura del producto al efectuarse la recolección, la fisiología y el periodo de almacenamiento deseado (Bernalte *et al.*, 2006)

ALMACENAJE REFRIGERADO

Las bajas temperaturas de almacenamiento son el factor más importante para prolongar la vida de los productos hortofrutícolas. El almacenamiento de 4 a 15 °C disminuye la respiración, retarda la producción de etileno y la maduración, usualmente el crecimiento de microorganismos (Baldwin *et al.*, 1995). Los frutos tropicales y subtropicales son susceptibles a daños producidos por temperaturas bajo un valor crítico (daños por frío), las que inducirían a ciertos cambios fisiológicos bioquímicos; esta susceptibilidad depende de la especie y el cultivar, del grado de madurez, de la temperatura y el tiempo de exposición, características de la zona y del manejo del cultivo (Bernalte *et al.*, 2006).

2.2 RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES Y/O BIODEGRADABLES

Los recubrimientos pueden ser clasificados como comestibles/o biodegradables, dependiendo de los constituyentes y las cantidades utilizadas para su producción (Davanco, 2006) En algunos casos estos compuestos no son comestibles y aunque se aplican en una proporción muy baja, se recomienda que el fruto sea lavado y/o pelado antes de su consumo (Pastor *et al.*, 2005)

Según la Food and Drug Administration (FDA) de EEUU (FDA, 2006), los recubrimientos comestibles son aquellos formados a partir de formulaciones que contengan aditivos permitidos para su uso alimentario. Entre esos aditivos alimentarios, la Directiva 95/2/CE (1995) incluye los siguientes: goma arábica, goma xantana, glicerina, pectinas, celulosa y sus derivados (metilcelulosa, hidroxipropil celulosa, hidroxipropil metilcelulosa, etc.). En 1998, esta directiva fue modificada por la Directiva 98/72/CE (1998) introduciendo nuevos aditivos tales como la lecitina, polisorbatos, ácidos grasos y sales de ácidos grasos.

Técnicamente, se habla de recubrimiento cuando una solución aplicada sobre un producto forma una película superficial al secarse, mientras que un film se forma con anterioridad y posteriormente se aplica sobre el producto (Guilbert, 1986). En la práctica, se habla indistintamente de film o recubrimiento, haciendo referencia a una delgada capa de material que cubre la superficie del alimento, aplicada mediante inmersión, pulverización o pintado, o bien como una envoltura continua que separa distintos componentes alimenticios, que puede ser consumida como parte del producto (Guilbert, 1986; Gennadios y Weller, 1990).

2.2.1 Propiedades

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. Algunos de estos requerimientos, dependientes de la naturaleza del producto alimenticio al cual se aplica y de su principal mecanismo de deterioro son:

- Propiedades sensoriales: deben ser transparentes, no otorgar sabor y olor diferente al alimento y no ser detectados durante su consumo.
- Propiedades barrera: presentar una adecuada permeabilidad al vapor de agua y solutos y una permeabilidad selectiva a gases y volátiles.
- Deben estar libres de tóxicos y ser seguros para la salud.
- Deben requerir una tecnología simple para su elaboración.
- Las materias primas y el coste de producción del recubrimiento deben ser de bajo costo.

Para que los recubrimientos comestibles sean funcionales y por tanto, óptimos, se deberá otorgar una especial importancia a la selección de los materiales que los forman, ya que sus propiedades están fuertemente afectadas por la naturaleza de sus componentes, composición y estructura final.

2.2.2 Componentes

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

2.2.2.1 Hidrocoloides:

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

Los polisacáridos son los hidrocoloides que más se utilizan como recubrimientos en frutas y hortalizas, ya que forman parte de la mayoría de las formulaciones que actualmente existen en el mercado. Los polisacáridos presentan buenas propiedades barrera a los gases y pueden adherirse a las superficies de frutas y hortalizas troceadas, pero son hidrofílicos y por lo tanto constituyen una pobre barrera a la pérdida de humedad (Kester y Fennema, 1986; Krochta y de Mulder-Johnston, 1997). El Cuadro 2.4. recoge los principales polisacáridos utilizados en la formulación de los recubrimientos y sus características más relevantes

Cuadro 2.4: Características de los principales polisacáridos utilizados en la formulación de los recubrimientos

Compuesto	Permeabilidad al vapor de agua/gases	NP	Otros
MC, CMC HPC, HPMC	Baja/Alta	Si	GRAS Flexible
Dextrina	Alta/ Moderada	-	Secado lento
Alginato	Baja/Moderada	Si	Frágil
Quitosano	Moderada/Alta	No	GRAS Antimicrobiano
Pectina	Baja/ Alta	-	GRAS
Carragenato	Baja/Moderada	-	Frágil
Goma arábica	Baja/Moderada	-	Buena adhesión
Goma guar	Baja/Moderada	-	Firmeza
Goma santana	Baja/Moderada	-	Buena adhesión

NP: Necesita Plastificante

MC: Metilcelulosa; CMC: Carboximetilcelulosa

HPC: Hidroxipropil celulosa; HPMC: Hidroxipropil metilcelulosa

Fuente: Adaptado de Pastor *et al.* (2005) y Vargas *et al.* (2008)

Las proteínas utilizadas en la formulación de recubrimientos comestibles pueden ser de origen animal (caseínas, proteínas del suero lácteo) o de origen vegetal (zeína de maíz, gluten de trigo, y proteína de soja, principalmente) y dependiendo de este origen muestran una amplia variedad de características moleculares. Así, las proteínas varían en su peso molecular, conformación, carga (dependiendo del pH), flexibilidad y estabilidad térmica y las diferencias en estas características moleculares determinarán su habilidad para formar recubrimientos así como las características de los recubrimientos formados. El Cuadro 2.5. recoge las principales proteínas utilizadas en la formulación de los recubrimientos y sus características más relevantes.

Cuadro 2.5: Características de las principales proteínas y lípidos utilizados en la formulación de los recubrimientos

Compuesto	Permeabilidad al vapor de agua/gases	NP	Otros
Proteína			
Zeína	Baja/Alta	Si	GRAS
Gluten	Dependiendo del pH y del disolvente/Alto	Si	Frágil
Proteína de soja	Baja/Baja	-	Flexible
Proteína de suero láctico	Moderada/Alta	si	Flexible
Caseína	Moderada/Baja	-	Frágil
Colágeno	Baja/Alta	-	Duro
Gelatina	Alta/Alta	-	Flexible y fuerte
Lípido			
Cera de abeja	Alta/Baja	Si	GRAS
Cera candelina	Alta/Baja	Si	GRAS
Cera carnauba	Alta/Baja	Si	GRAS
Acido grasos	Según tipo/Baja	-	GRAS

NP: Necesita Plastificante

Fuente: Adaptado de Pastor *et al.* (2005) y Vargas *et al.* (2008)

2.2.2.2 Lípidos:

Formados por compuestos hidrofóbicos y no poliméricos con buenas propiedades barrera al vapor de agua y a los gases, pero con poca capacidad para formar recubrimientos (Shellhammer y Krochta, 1997). Reducen la transpiración, la deshidratación, la abrasión en la manipulación posterior (Hernández, 1994) y pueden mejorar el brillo (Nisperos-Carriedo *et al.*, 1992). Sin embargo, los recubrimientos basados en lípidos presentan una superficie grasienta y propiedades organolépticas no deseadas como un sabor a cera y cierta rancidez (Guilbert, 1986).

Los lípidos se utilizan en la formulación de recubrimientos con el objetivo de mejorar la propiedad barrera al vapor de agua. Entre los lípidos comestibles que pueden ser incorporados en la formulación de recubrimientos comestibles se encuentran las ceras (cera de abeja, cera candelilla y cera carnauba), la goma laca, la goma xantana y los ácidos grasos tales como el ácido esteárico, palmítico, láurico y oleico, entre otros. Estos últimos requieren de una matriz estructural de proteínas o polisacáridos ya que carecen de integridad estructural y durabilidad en su forma libre.

2.2.2.3 Composites o compuestos:

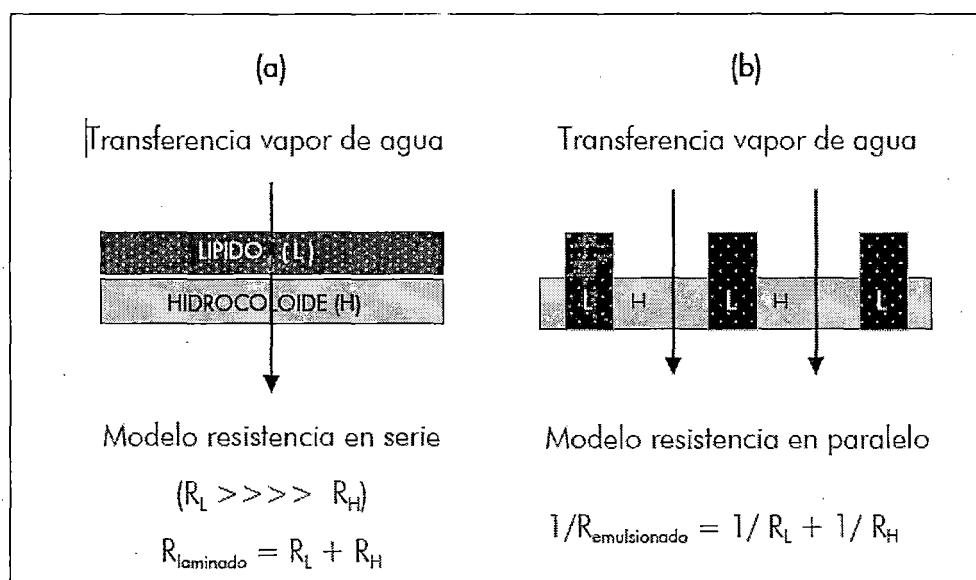
Formulaciones mixtas de hidrocoloides y lípidos que aprovechan las ventajas de cada grupo y disminuyen sus inconvenientes (Greener y Fennema, 1994). En general, los lípidos aportan resistencia al vapor de agua y los hidrocoloides, permeabilidad selectiva al O₂ y CO₂, durabilidad, buena cohesión estructural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

Los composites pueden ser de capas separadas, llamados multilaminados o bicapas, o formados por una única capa. Los bicapa se forman en dos etapas: en la primera se forma la base de polisacárido o proteína y en la segunda, se aplica el lípido sobre la base previamente formada. En los films en monocapa, es necesaria la dispersión o emulsión del lípido en la fase hidrofílica que contiene la disolución de hidrocoloide y su posterior extensión y secado (Shellhammer y Krochta, 1997). Cuando se preparan films mediante esta técnica de emulsión, durante la etapa de secado es posible que se produzca un proceso de cremado de los lípidos hacia la superficie, debido a su baja densidad y a la baja capacidad emulsionante del polímero que actúa como matriz soporte. No obstante, aunque se produce una cierta separación de fases, normalmente no logra formarse una verdadera bicapa, quedando partículas de lípidos distribuidos en la matriz soporte (McHugh, 1996). Martín-Polo *et al.* (1992) estudiaron el efecto de la estructura del film sobre la propiedad barrera al vapor de agua, proponiendo un modelo de resistencias en serie para los films bicapa (Figura 2.4. a) y un modelo de resistencias en paralelo para los films procedentes de una emulsión (Figura 2.4. b), en el que la transferencia de vapor de agua se realiza mayoritariamente a través de la fase hidrocoloide.

Desde el punto de vista de la transferencia de masa, los recubrimientos bicapa son los más eficaces como barrera al vapor de agua. Sin embargo, debido a que el proceso de preparación incluye etapas de laminado y de secado en las que es necesario el uso de disolventes y altas temperaturas, su producción resulta más costosa y menos segura que la de los recubrimientos emulsionados.

Además, también es posible que con el tiempo las láminas se separen. Este problema podría ser soslayado formando la bicapa por separación de fases en la emulsión, una vez ésta ha sido aplicada sobre la superficie del alimento (McHugh, 1996).

La efectividad de los films composites de hidrocoloides y lípidos depende, entre otros factores, de la concentración relativa de ambos, del estado físico del lípido, de la longitud, grado de insaturación y ramificación de la cadena hidrocarbonada, así como de la distribución que alcancen los componentes lipídicos en la estructura final: tamaño de los glóbulos grasos y nivel de agregación (Baldwin *et al.*, 1997; Morillon *et al.*, 2002). Además, la forma de preparación y la composición de la emulsión de partida influye en gran medida en el tamaño y distribución de tamaños de gotas y por tanto, también en las propiedades finales del film (Martín-Polo *et al.*, 1992).



Fuente: Wu *et al.* (2002)

Figura 2.4: Modelos de resistencia a la transferencia de vapor de agua para recubrimientos laminados (a) y emulsionados (b)

Como se puede observar en los Cuadros 2.4 y 2.5, algunos de los recubrimientos requieren la incorporación de agentes plastificantes, compuestos que se adicionan con el fin de impartir una mayor flexibilidad, resistencia al recubrimiento y reducir el quebrantamiento (Gennadios y Weller, 1990). Estos compuestos disminuyen las fuerzas intermoleculares en las cadenas del polímero produciendo un descenso en las fuerzas de cohesión y por tanto, imparten movilidad molecular a la matriz, plastificándola. Entre los plastificantes más utilizados se encuentran mono-, di- y oligosacáridos (jarabes de glucosa y fructosa, miel) y polioles (sorbitol, glicerol, derivados de la glicerina y polietilenglicol) en concentraciones del orden del 10 al 60% de base seca (b.s.), dependiendo de la rigidez del recubrimiento y del polímero (Guilbert, 1986).

La incorporación de lípidos y derivados (ácidos grasos, monoglicéridos, ésteres, fosfolípidos y tensoactivos) también ejerce un efecto plastificante que es atribuible fundamentalmente a las discontinuidades en la matriz polimérica que supone su dispersión. Otros de los compuestos que forman parte de las disoluciones formadoras de recubrimientos composites son los tensoactivos. Estos se utilizan para favorecer la formación de la emulsión y su estabilización por acción interfacial, debido a que poseen una parte polar y otra apolar, y se adsorben en la interfase aceite-agua como una monocapa orientada, disminuyendo así la tensión interfacial (Sharma, 1981).

2.2.3 Propiedades de las películas:

Las propiedades de los recubrimientos comestibles (permeabilidad al vapor de agua y a los gases, solubilidad en agua o lípidos, capacidad de adsorción de agua, color, transparencia, brillo, respuesta mecánica, etc.), dependen del tipo de material

utilizado, de las condiciones de formación del film, del tipo de plastificante, de la naturaleza del disolvente, de la velocidad de evaporación del disolvente, y de su espesor, entre otras (Guilbert, 1986). En la mayoría de los casos, la efectividad del recubrimiento cuando se aplica a frutas y hortalizas depende fundamentalmente de un control efectivo de la permeabilidad al vapor de agua y a los gases con unas adecuadas propiedades mecánicas.

La permeabilidad al vapor de agua (PVA) es una medida de la facilidad con la que el vapor de agua puede penetrar en un material. Para el estudio de la permeabilidad de un componente en estado estacionario a través de una barrera no porosa y sin imperfecciones se utiliza una combinación de la Ley de Fick para la difusión, y la Ley de Henry para la solubilidad (McHugh, 1996).

La permeabilidad a los gases, en especial al O_2 y CO_2 , es otro factor a tener en cuenta ya que puede influir en gran medida en la estabilidad de los alimentos sensibles a la oxidación de lípidos, vitaminas y pigmentos y en la vida útil del producto recubierto, su limita la disponibilidad de dichos gases. La medición de la permeabilidad al O_2 se puede realizar mediante un analizador de O_2 mientras que la del CO_2 o la de cualquier otro gas sólo se pueden realizar a través de un cromatógrafo de gases.

Capacidad de adsorción de agua

La mayoría de los films son sensibles a la humedad ya que sus componentes ligan agua en mayor o menor medida dependiendo de su naturaleza, de las interacciones entre componentes, de la humedad relativa que les rodea y de la temperatura, entre

otros factores. A partir de la determinación de las isotermas de sorción de agua de los films podemos llegar a conocer el grado de interacción del agua con los componentes del film y analizar cómo cambian sus propiedades en función de su contenido en humedad.

La apariencia o aspecto es otro de los factores de calidad decisiva para la aceptación de un producto por parte del consumidor, por lo que el color, la translucidez y el brillo, también han sido objeto de recientes estudios en recubrimientos y films comestibles (Cuq *et al.*, 1996).

La transparencia de los films se determina aplicando la teoría de Kubelka-Munk (Hutchings, 1999) a los espectros de reflexión de las muestras obtenidos mediante un espectrocolorímetro.

El brillo de los films se puede medir con un brillómetro en unidades de brillo (UB). Las medidas a ángulos próximos a 45° son adecuadas para muestras de brillo medio, a ángulos bajos pueden diferenciarse mejor las muestras de brillo alto y a ángulos altos las muestras de brillo bajo, lo cual es debido a la potenciación de la reflexión especular a medida que aumenta el ángulo de incidencia (Hutchings, 1999). Normalmente, las superficies lisas y homogéneas, sin presencia de irregularidades, presentan mayores valores de brillo (Ward y Nussinovtch, 1996). En este sentido, todas aquellas prácticas que aumenten la rugosidad superficial del film, contribuirán a una reducción del mismo.

2.2.4 Aplicación de los recubrimiento comestibles en frutas y hortalizas

La aplicación de recubrimientos comestibles supone una alternativa de futuro para la conservación de la calidad de frutas y hortalizas. Su aplicación permite alargar la vida útil durante el almacenamiento al reducir las pérdidas de humedad y ralentizar la maduración de los frutos, ya que actúan como barrera al intercambio gaseoso. También se utilizan para mejorar su integridad mecánica o su protección frente a la manipulación posterior (Krochta, 1997) y para aportar brillo a la fruta, confiriéndole un aspecto más apetecible en el punto de venta. Los recubrimientos más comunes son aquellos que se aplican a las frutas para sustituir la cera natural que se ha eliminado durante el lavado y cepillado de las mismas, procesos realizados con el fin de eliminar el polvo, la suciedad, las esporas de hongos y los pesticidas usados en el campo (Shellhammer y Krochta, 1997). En la bibliografía se pueden encontrar numerosos estudios de ejemplos de aplicación de films comestibles a frutas y hortalizas tales como palta, espárrago, fresa, mango, manzana, pera, zanahoria, entre otros. En la mayoría de los casos se consigue una reducción importante en la pérdida de peso de las muestras recubiertas (Han *et al.*, 2004; Fayaz *et al.*, 2009; Tzoumaki *et al.*, 2009), un mejor mantenimiento de vitaminas (Navarro, 2009) antocianinas (Vargas *et al.*, 2006) y en general, una vida útil mayor.

En el Cuadro 2.6 se muestran algunos de los recubrimientos comerciales que se aplican a frutas y hortalizas frescas y enteras. Cabe destacar el uso de derivados de celulosa y ésteres de sacarosa que han sido incorporados en la mayoría de las formulaciones comerciales.

Cuadro 2.6: Algunos de los recubrimientos comerciales que se aplican en frutas y hortalizas frescas y enteras

Recubrimiento	Composición	Frutos y Hortalizas
Nature Seal® 1000	Celulosa	Banana, mango, tomate, papaya
Naturae Shine 9000	Ceras naturales	Cítricos, mango, manzana
Food-Coat	Ácidos grasos y polisacáridos	Cereza
Pro-Long	Sucroesteres de ácidos grasos y CMC	Banana, manzana, mango, patata, tomate
Semperfreh™	Esteres de sacarosa, mono y diglicéridos, sal sódica de CMC y caseinato calcico	Banana, calabacín, cereza, cítricos, manzana
Tropical Friut Coating 213	Cera carnauba y ácidos grasos	Mango

CMC: Carboximetilcelulosa

Fuente: Adaptado de Pastor *et al.* (2005) y Vargas *et al.* (2008)

Por otra parte, los recubrimientos comestibles también pueden ser utilizados como vehículo para la incorporación de aditivos con el fin de modificar las condiciones superficiales del alimento y añadir otras funcionalidades al film resultante. Entre los aditivos comúnmente utilizados se encuentran: antioxidantes, antimicrobianos, vitaminas, colorantes, saborizantes o la inclusión de microorganismos para un control biológico (Guilbert, 1986; Baldwin *et al.*, 1997). En ese sentido, Oms-Oliu *et al.* (2008) observaron una disminución del pardeamiento enzimático y del crecimiento microbiano en peras cortadas recubiertas con films a base de polisacáridos y agentes antipardeantes. Valencia-Chamorro *et al.* (2009) estudiaron el efecto de films compuestos de HPMC-lípido y aditivos antifúngicos sobre naranjas y obtuvieron una reducción significativa de *Penicillium digitatum* e *italicum*. Vargas *et al.* (2006) utilizaron recubrimientos a base de quitosano para reducir el deterioro microbiológico y alargar la vida útil de fresas.

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

2.2.5 Tecnologías para la aplicación de recubrimientos comestibles (RC) y películas comestibles (PC)

Actualmente se desarrollaron varios métodos para la correcta aplicación de las matrices comestibles sobre los alimentos. Magali Parzanese en su publicación películas y recubrimientos comestibles menciona las siguientes técnicas de aplicación:

INMERSIÓN

Consiste en la aplicación de las matrices comestibles sumergiendo el alimento en la solución filmogénica preparada. Se utiliza especialmente en aquellos alimentos cuya forma es irregular que requieren de una cobertura uniforme y gruesa. Es importante que el producto a tratar esté previamente lavado y secado, y que una vez retirado de

la solución se deje drenar el excedente de solución para lograr un recubrimiento uniforme.

SPRAY

Esta técnica se basa en la aplicación de la solución filmogénica presurizada. Permite obtener RC más finos y uniformes. Se usa en alimentos de superficie lisa o para la separación de componentes de distinta humedad de un alimento compuesto, por ejemplo en platos preparados como pizzas u otros.

CASTING

Mediante esta técnica se obtienen películas o films premoldeados. Consiste básicamente en la obtención de una dispersión uniforme compuesta por biomoléculas (proteínas, polisacáridos, lípidos), plastificante y agua. Luego se vierte sobre una placa de material inocuo (acero inoxidable) donde se deja secar para que se forme el film o película. La velocidad de secado junto con la temperatura y humedad son condiciones determinantes para la calidad del film (transparencia, consistencia, propiedades mecánicas), por lo tanto deben ser controladas correctamente. Una vez finalizado el secado se tiene un film de gran tamaño, el cual es fraccionado para ser aplicado sobre los alimentos a tratar.

2.3 CHÍA (*Salvia hispanica* L.)

La chía es un cultivo autóctono de Mesoamérica con una extensa historia agrícola. Si bien ninguna fuente afirma de manera categórica que la chía sea originaria de un lugar específico, existe una alta probabilidad relacionada con los territorios que actualmente ocupan la República Mexicana y Guatemala (Ivana, 2013).

2.3.1 Características de la chía

El género *Salvia* incluye unas 900 especies y se distribuye extensamente en varias regiones del mundo, tales como Sudáfrica, América Central, América del Norte, Sudamérica y Asia Sur-Oriental. Las plantas pueden ser herbáceas o leñosas y sus flores muy atractivas de variados colores.

La chía, *Salvia hispanica* L., es una especie que pertenece a la familia de aromáticas como la menta, el tomillo, el romero y el orégano. En el Cuadro 2.7 se muestra la información sobre la jerarquía taxonómica de la chía.

Cuadro 2.7: Clasificación taxonómica de la chía

Reino	: Plantea
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Asteridae
Orden	: Lamiales
Familia	: Lamiaceae
Género	: <i>Salvia</i> L.
Especie	: <i>Salvia hispanica</i> L.

Fuente: Ayerza y Coates (2005)

Salvia hispanica L. es una planta herbácea anual de 1 a 1,5 m de altura, con tallos ramificados de sección cuadrangular, con pubescencias cortas y blancas. Las hojas miden 8-10 cm de longitud y 4-6 cm de ancho, se encuentran opuestas con bordes aserrados y de color verde intenso. Las flores son hermafroditas de un tono entre violeta y celeste o blancas, pedunculadas y reunidas en grupos de seis o más, en verticilos sobre el raquis de la inflorescencia (Figura 2.5)

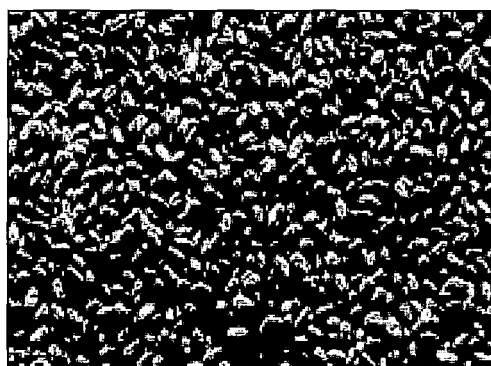
El fruto, al igual que otras especies de la familia *Lamiaceae*, es típicamente un esquizocarpo consistente en lóculos indehiscentes que se separan para formar 4

mericarpios parciales denominados núculas, comúnmente conocidos como “semillas”, los cuales son monospermicos, ovales, suaves y brillantes, de color pardo grisáceo con manchas irregulares marrones en su mayoría y algunos blancos y miden entre 1,5 a 2,0 mm de longitud (Ayerza y Coates, 2005) (Figura 2.6)



Fuente: Equipo técnico de Ayacucho - Exportadora Agrícola Orgánica SAC.

Figura 2.5: Plántulas (izquierda) e Inflorescencias de *Salvia hispanica* L. (derecha)



Fuente: Equipo técnico de Ayacucho - Exportadora Agrícola Orgánica SAC.

Figura 2.6: Semillas de chía (*Salvia hispanica* L.)

2.3.2 Composición química y aspectos nutricionales

El Cuadro 2.8 se presenta la composición química de la semilla de chía comparada con cultivos que actualmente están siendo revalorizados. Puede observarse que la semilla de chía presenta un contenido de proteínas similar al de sésamo y un tenor de lípidos semejante al de lino y cártamo (Elleuch *et al.*, 2007). Por otra parte, cabe resaltar que la chía presenta un nivel de ambos componentes superior a los de quinoa y amaranto (Loubes *et al.*, 2012).

Cuadro 2.8: Composición proximal correspondiente a diversos cultivos (%b.s.)

Grano	Proteína	Lípido	Carbohidrato + fibra	Ceniza
Quinoa	14,1	9,7	72,5	3,4
Amaranto	16,2	7,9	71,5	3,3
Sesamo	25,8	52,2	22,7	4,7
Cartano	12,6	27,2	51,9	1,9
Lino	17,9	33,6	38,1	3,9
Chia	29	32	34	5

Fuente: Ivana (2013)

El contenido de aceite presente en la semilla de chía es de alrededor de 33%, el cual presenta el mayor porcentaje de ácido α -linolénico conocido hasta el momento (62 - 64%) (Ayerza, 1995) así como el tenor más elevado (82,3%) de ácidos grasos esenciales (ácidos α -linolénico y linoleico), seguido por el cártamo, el lino y el girasol con 75, 72 y 67%, respectivamente.

La semilla de chía es una buena fuente de vitaminas B. Investigaciones recientes muestran que el bajo nivel de vitamina B en sangre está asociado al aumento del riesgo de sufrir una enfermedad cardiocoronaria fatal y apoplejía (American Heart

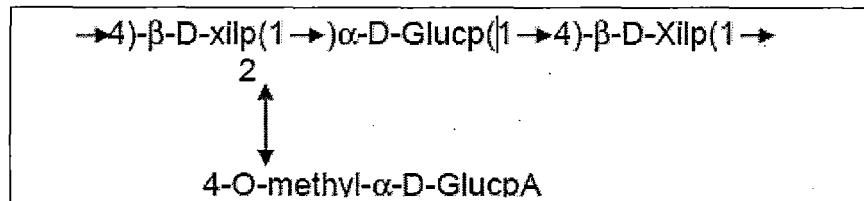
Association, 1999). La comparación del contenido de vitaminas de la chía con respecto al de otros cultivos tradicionales muestra que el nivel de niacina (vitamina B3) es mayor que el presente en maíz, soja, arroz y cártamo, mientras que su tenor de vitamina A es inferior al de maíz. Las concentraciones de tiamina (vitamina B1) y de riboflavina (vitamina B2) son similares a las del arroz y el maíz, aunque menores que las de soja y cártamo (Ayerza y Coates, 2005).

Con respecto al contenido de minerales, las semillas de chía son una excelente fuente de calcio, fósforo, magnesio, potasio hierro, zinc y cobre. Además, contienen entre 13-354, 2-12 y 1,6-9 veces más calcio, fósforo y potasio, respectivamente que el trigo, arroz, cebada, avena y maíz. Asimismo, en comparación con la leche, las semillas de chía presentan un contenido 6 veces mayor de calcio, el doble de fósforo y 4.6 veces más de potasio (United States Department of Agriculture USDA, 2002).

2.3.3 Caracterización fisicoquímica del mucílago de chía

El mucílago de chía es un polisacárido de alto peso molecular, el cual varía entre 0,8 a 2×10^6 daltons. El mismo emerge de la semilla cuando ésta entra en contacto con el agua, cubriéndola en forma de un halo transparente. Las unidades estructurales que componen el mucílago de la semilla de chía, fueron descritas como un tetrasacárido con una cadena principal compuesta por unidades de (1→4)-β-D-xilopiranosil-(1→4)-α-D-glucopiranosil-(1→4)-β-D-xilopiranosil con ramificaciones de 4-O-metil-α-D-ácido glucurónico en la posición O-2 de β-D-xilopiranosil de la cadena principal (Figura 2.7). La relación de los monosacáridos β-D-xilosa, α-D-glucosa y ácido 4-O-metil-α-D-ácido glucurónico es de 2:1:1. Cabe destacar que el contenido de ácido glucurónico es elevado (aproximadamente 25%), característico de este tipo

de sustancias. El mucílago de chía presenta una elevada viscosidad en agua con posibles efectos metabólicos benéficos con respecto a otras fuentes de fibra dietética de menor viscosidad, tales como la goma guar o β - glucano. La información existente en cuanto a sus propiedades funcionales indica que se trata de un polímero con acción espesante (Marin Flores *et al.*, 2008). La alta solubilidad en agua del mucílago de chía (50 g/mL) le confiere una potencial aplicabilidad industrial, debido a que se considera que las gomas y mucílagos con mayor solubilidad son de mayor calidad (Mhinzi y Mrosso, 1995).



Fuente: Lin *et al.* (1994)

Figura 2.7: Estructura del mucílago de chía (*Salvia hispanica* L.)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación fue realizado en los laboratorios de biotecnología agroindustrial e investigación A-B de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, realizada entre los meses de agosto a noviembre del 2014.

3.1 MATERIALES, EQUIPOS, REACTIVOS E INSUMOS

3.1.1 Materia prima

Las semillas de chía fueron adquiridas de la empresa Exportadora Agrícola Orgánica S.A.C., provenientes de cultivos realizados en el anexo de Urpay, distrito de Acosvinchos, provincia de Huamanga. Las mismas se conservaron en envases plásticos cerrados herméticamente hasta el momento de la realización del trabajo en laboratorio.

3.1.2 Materiales

- Bisturí.
- Cuchillos.
- Fiolas de 50 mL.
- Lunas de reloj.
- Matraces Kitazato de 100 y 250 mL.
- Pinza de metal.
- Pipetas de 1, 5 y 10 mL.
- Pizeta.
- Placas Petri.
- Probetas de 50 y 100 mL.
- Termómetro.
- Varillas de vidrio.
- Vasos precipitados de 500 y 600 mL.
- Embudo de porcelana.
- Embudo de plástico.
- Coladera de plástico.
- Tela muselina sintética.
- Bandejas de plástico.
- Vernier.

3.1.3 Equipos

- Balanza analítica AND, modelo HR-200, capacidad máxima 210 g
- Balanza digital ADAM, modelo PGW 2502e
- Bomba de vacío Vacuum Pump, modelo Roker 600

- Cocina eléctrica.
- Estufa eléctrica VWR, modelo 1320-2.
- Penetrómetro digital KOEHLER, modelo K95590 con penetrador tipo aguja estándar de 2,5 g
- Translucence Tintometer Lovibond, modelo RT 100
- Stereomicroscopio AmScope MT, modelo SM-1TZ-PL-10MA
- Agitador magnético CAT, modelo M 6.1.
- Viscosímetro Selecta, modelo STS-2011
- PHmetro Benchtop ORION 3 STAR

3.1.4 Insumos

- Cera de abeja.
- Glicerol.
- Ácido oleico.
- Etanol 96°.
- Agua destilada.

3.1.5 Software

- Microsoft Excel XP
- Software Statgraphics Plus® 5.1.
- Software Statistica 8.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Extracción de mucílago de chía

Para la extracción del mucílago se aplicó el método de Gowda (1984) modificada y adaptada a las condiciones del laboratorio.

En un vaso precipitado marca Pyrex de 1000 mL, se agregó 1000 mL de agua destilada y 50 g de semilla de chía (*Salvia hispanica* L.), colocándolo sobre el agitador magnético, calentando hasta llegar a 37 °C, hidratando la semilla por 1 h. Posteriormente se procedió a extraer el mucílago mediante un filtrado al vacío, haciendo uso de un matraz Erlenmeyer, embudo de plástico, coladera de plástico y la bomba al vacío, para luego obtener un extracto más puro en un segundo filtrado, esta vez con un embudo de porcelana, y tela muselina sintética.

Para la precipitación del mucílago se utilizó 1,5 L de etanol 96°. Posteriormente las muestras fueron deshidratadas en una estufa eléctrica a temperatura de 60 °C durante 2 h, luego el mucílago deshidratado obtenido fue molido en un mortero de porcelana y envasadas en frascos de vidrio para su posterior uso. El procedimiento para la obtención del mucílago se presenta en la siguiente Figura 3.1. Asimismo en el anexo 2 se muestran las diferentes condiciones experimentales para la extracción de mucílago de chía.

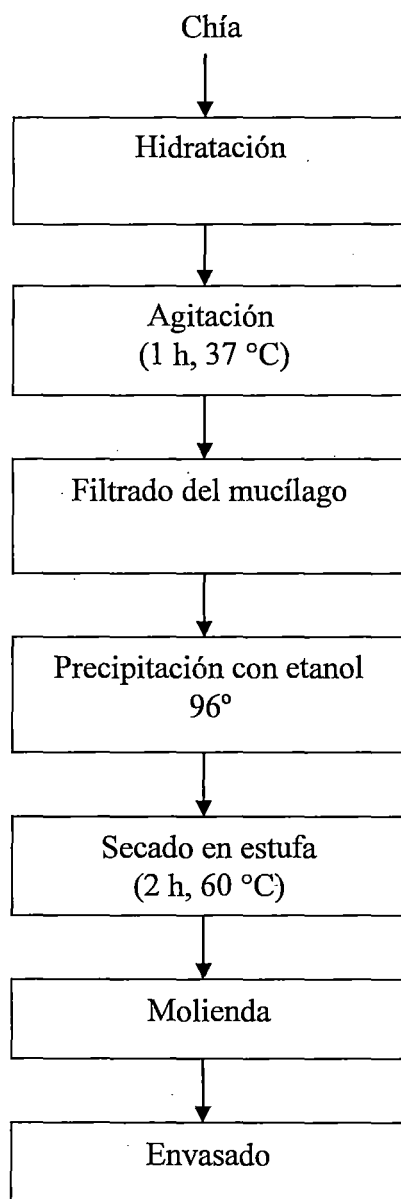


Figura 3.1: Diagrama de flujo de extracción de mucílago de chía

3.2.2 Preparación de las formulaciones formadoras de recubrimiento (FFRs)

Las formulaciones formadoras de recubrimiento (FFRs) se prepararon utilizando como matriz soporte soluciones acuosas de mucílago de chía y glicerol en relación de 1:1 p/p y una fracción hidrofobia compuesto por cera de abeja y ácido oleico en relación de 1:1 p/p. Las FFRs fueron homogenizadas en un agitador magnético sometiéndolas a un tratamiento térmico de 90 °C a 1000 rpm por 30 minutos. Las concentraciones se establecieron según el diseño experimental mostrado en el ítem 3.3.1, en el anexo 3 se observan las características de las FFRs elaboradas.

3.2.3 Obtención de películas

Se elaboraron películas a partir de las FFRs, descritas en el ítem anterior (3.2.2).

Volúmenes de 20 mL de cada solución filmogénica (FFRs) fueron vertidas en placas Petri (de un mismo diámetro). El secado de las películas se realizó en una estufa de control digital a una temperatura de 28 °C por 24 h (Aguilar *et al.*, 2012).

3.2.4 Caracterización de películas

3.2.4.1 Solubilidad en agua

Se utilizó la metodología descrita por Wang, Liu, Holmes, Kerry y Kerry (2007) Muestras de películas fueron cortadas en círculos de 2,5 cm de diámetro y secadas a 100 °C por 6 h para obtener un peso constante. Posteriormente las muestras fueron inmersas en 100 mL de agua destilada por 24 h, para luego removerlas del agua y secadas a las condiciones ya descritas. La solubilidad en agua de las películas fue reportada como pérdida de peso (%) mediante la ecuación 3.1.

$$\text{Pérdida de peso} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100 \quad (\text{Ec.3.1})$$

3.2.4.2 Propiedades ópticas

La luminosidad (L^*), croma (C^*) y tono (h^*) de las películas se determinaron por duplicado aplicando la teoría de Kubelka-Munk (Hutchings, 1999) a los espectros de reflexión de las muestras obtenidos mediante un espectro colorímetro (Translucence Tintometer, Lovibond RT 100); como sistema de referencia el iluminante D65/observador 10°, que muestra las coordenadas L^* , h^* y C^* .

3.2.4.3 Análisis microestructural

Los estudios de microscopía permiten analizar cómo la estructura de las películas afecta a sus propiedades físicas, a través del estudio de las interacciones entre componentes y de la estructura y distribución de estos en la matriz polimérica.

El análisis microestructural de la superficie de las películas se realizó utilizando un Stereomicroscopio AmScope MT.

3.2.5 Procedimiento experimental para la aplicación de los recubrimientos comestibles en paltas

A continuación se detalla las operaciones realizadas en el presente trabajo para la aplicación de recubrimientos comestibles en paltas variedad Hass, así mismo en la Figura 3.2 se muestra la secuencia de operaciones.

- **RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA:** Se realizó la recepción de los frutos de palta (*Persea americana* Mill.) variedad Hass en estado de madurez

fisiológica, las que fueron cosechadas de las parcelas de sembrío de palto de la Asociación de Productores Agropecuarios y Agroindustriales Señor de Pachapunya, del distrito de Luricocha, provincia de Huanta, en la región Ayacucho. El índice de cosecha utilizado fue el cambio de color de la epidermis, que para los frutos de palto variedad Hass varía de un color verde claro a verde más oscuro e intenso. Además, los frutos cosechados no presentaban alteraciones fisiológicas ni fitosanitarias.

- **SELECCIÓN** : Las paltas se seleccionaron teniendo en cuenta que presentaban una consistencia dura, color verde intenso, que estaban enteras, con presencia de pedúnculo, sanas, exentas de manchas en su superficie, de daños producidos por heladas o por el sol, de golpes, de olores extraños y del ataque de plagas e insectos.
- **LAVADO Y DESINFECCIÓN**: Los frutos fueron sometidos a una limpieza con esponja y agua potable a presión para eliminar residuos de tierra adheridos a la cáscara, luego se procedió a la desinfección por inmersión en agua clorada (100 ppm hipoclorito de sodio) a 3 °C por 5 minutos.
- **SECADO**: Las paltas se secaron manualmente con paños para quitarle el agua adherida a su superficie, para la aplicación de los recubrimientos.
- **APLICACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS**: Los recubrimientos se aplicaron a temperatura ambiental por el método de inmersión.
- **OREADO**: Las paltas tratadas con los recubrimientos se orearon en un ambiente aséptico a temperatura ambiental.

- **ACONDICIONAMIENTO Y ALMACENAMIENTO:** El acondicionamiento de las paltas se realizó en bandejas de plástico codificados según el tratamiento, las que fueron almacenadas a condiciones ambientales (20 ± 3 °C – 57 ± 5 % HR) del laboratorio.

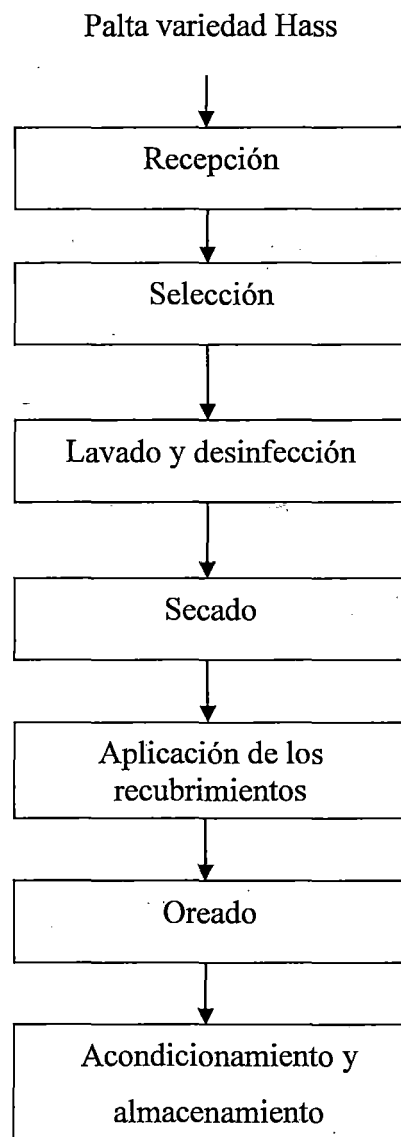


Figura 3.2: Diagrama de flujo para la aplicación de los recubrimientos comestibles en paltas

3.2.6 Análisis del efecto de los recubrimientos comestibles

Para el análisis del efecto de las cubiertas comestibles a base de mucílago de chía en las paltas, se realizaron las mediciones de los cambios fisicoquímicos más relevantes desde el punto de vista de calidad postcosecha del producto. Durante 36 días se ha evaluado las muestras, siendo las mediciones del efecto de las variables independientes cada 3 días con una última lectura evaluada al día 36 de almacenamientos.

3.2.6.1 Pérdida de peso

Se utilizó una balanza digital de 2100 g de capacidad. La pérdida de peso fue determinada por la diferencia entre el peso inicial de las unidades experimentales y el peso en el día evaluado, para luego transformarlas en porcentaje de peso perdido (Melo, Castro, Carvalho y Pommer, 2002).

3.2.6.2 Propiedades mecánicas (textura)

Las propiedades mecánicas de las paltas se determinaron mediante un analizador de textura (Penetrometer, KOEHLER, K95590) con penetrador tipo aguja estándar de 2,5 g, realizando las medidas en el plano longitudinal de las paltas en sus caras opuestas (Benger, Galletti, Marin; Fichet y Lizana 1993) medidas en la parte interna del fruto (pulpa), tomando como dato la distancia de penetración en milímetros (mm) en 1 segundo. El ensayo se realizó por triplicado para cada día de evaluación, tanto en las paltas con recubiertas como en las muestras control.

3.2.6.3 Propiedades ópticas

El color de las paltas se midió por reflexión mediante un espectrocolorímetro (Translucence Tintometer, Lovibond RT 100), previa calibración, con una ventana de medición de 10 mm, utilizando como sistema de referencia el iluminante D65/observador 10°. Las medidas se efectuaron en la parte interior de la fruta (pulpa) y a cada día de evaluación.

3.2.6.4 Contenido de aceite (% de aceite)

Se calculó relacionando el contenido de materia seca con el porcentaje de aceite. Se realizó dos cortes longitudinales, quedando el fruto dividido en 4 partes, luego se sacó el cuesco y la cutícula de todas las rebanadas, con un pelador de papas, se sacaron trozos delgados desde el centro hasta completar 10 g de muestra que fueron colocadas en placas Petri y llevadas a la estufa a 90 °C por 2 h, transcurrido este tiempo se pesó y se volvió a poner en la estufa por 10 minutos. Se repitió el proceso hasta que se alcanzó un peso estable.

Teniendo entonces, los datos de peso inicial (húmedo) y final (seco), se logra establecer el porcentaje de materia seca de acuerdo a la siguiente formula.

$$\% \text{ MS} = \frac{\text{PS} - \text{T}}{\text{PF} - \text{T}} \times 100 \quad (\text{Ec.3.2})$$

Donde:

%MS: Porcentaje de materia seca.

PS: Peso seco (peso final) (g).

PF: Peso fresco (peso inicial) (g).

T: Peso placa Petri (g)

Al haber obtenido el porcentaje de materia seca, se calculó el porcentaje de aceite de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Aceite} = 1,125 \times \% \text{ MS} - 14,022 \quad (\text{Ec.3.3})$$

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

3.3.1 Diseño experimental para las formulaciones de las películas

3.3.1.1 Identificación de las variables

Las películas se elaboraron a partir de las formulaciones formadoras de recubrimiento (FFRs), siendo estas combinaciones de soluciones acuosas de mucílago de chía-glicerol en relación de 1:1 p/p y fracciones hidrofóbicas compuesto por la emulsión de cera de abeja-ácido oleico en relación de 1:1 p/p. A las que se les caracterizó a través de la solubilidad en agua y propiedades ópticas (L^* , C^* y h^*), siendo estas las variables de respuesta y los criterios de optimización, bajo el Diseño Central Compuesto Rotable (DCCR) el mismo que estuvo sujeto a la variación de los componentes de las películas: mucílago de chía-glicerol (MG) y emulsión de cera de abeja-ácido oleico (EC). En el Cuadro 3.1, se detallan estas variables estudiadas.

Cuadro 3.1: Variables independientes y dependientes investigadas en la obtención de películas

Nivel codificado (X)	Denominación	Variables: <i>Independientes</i>	
		MG (%)	EC (%)
$-\alpha$	Nivel mínimo	0,70	0,08
-1	Nivel bajo	1,01	0,20
0	Nivel medio	1,75	0,50
1	Nivel alto	2,49	0,80
$+\alpha$	Nivel máximo	2,80	0,92
		<i>Dependiente:</i> Solubilidad en agua (%) Luminosidad (L^*), Cromo (C^*) y Tono (h^*)	

Fuente: Tineo (2001)

Las variables independientes, fueron estudiadas a cinco niveles como se mostraron en el Cuadro 3.1, el rango de valores asignados, son tomados de las pruebas preliminares obtenidas en ensayos de laboratorio teniendo en consideración la capacidad de formar películas, el número de tratamientos se estableció de acuerdo a la metodología de superficie de respuesta mostrada en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2: Características de los tratamientos según los factores en estudio

N° Trat.	Variables codificados		Variables en estudio		
	X1	X2	MG (%)	EC (%)	
1	-1	-1	1,01	0,20	Puntos Factoriales
2	1	-1	2,49	0,20	
3	-1	1	1,01	0,80	
4	1	1	2,49	0,80	
5	-1,414	0	0,70	0,50	Puntos Estrella
6	1,414	0	2,80	0,50	
7	0	-1,414	1,75	0,08	
8	0	1,414	1,75	0,92	
9	0	0	1,75	0,50	Punto central
10	0	0	1,75	0,50	Repeticiones
11	0	0	1,75	0,50	
12	0	0	1,75	0,50	
13	0	0	1,75	0,50	

Fuente: Zea (2002).

Matemáticamente, la relación entre estas variables, podemos presentarlas como:

$$Y = f(X_j)$$

$$\text{Solubilidad (\%)} = f(\% \text{MG y \% EC}) \quad (\text{Ec.3.4})$$

$$\text{Luminosidad (L}^*) = f(\% \text{MG y \% EC}) \quad (\text{Ec.3.5})$$

$$\text{Croma (C}^*) = f(\% \text{MG y \% EC}) \quad (\text{Ec.3.6})$$

$$\text{Tono (h}^*) = f(\% \text{MG y \% EC}) \quad (\text{Ec.3.7})$$

a) Efecto de las variables en estudio

El objetivo principal de esta etapa, es identificar la relación de los parámetros de mucílago de chía-glicerol (MG) y emulsión de cera de abeja-ácido oleico (EC) en las variables de respuesta: Solubilidad en agua (%), luminosidad (L*), croma (C*) y tono (h*).

➤ Análisis de Variancia.

Procedimiento apropiado para aprobar la significancia de los efectos, siendo una herramienta útil en la inferencia estadística.

Ahora bien, un efecto o interacción es significativo, si se cumple la siguiente relación:

$$F_0 \geq F_\alpha$$

α = nivel de significancia de (0,05%)

➤ Modelo matemático.

Luego de determinar los efectos de las variables independientes y analizar las influencias que resultan significativas, el siguiente paso es obtener un modelo matemático, que representa al proceso investigado.

Para estimar los coeficientes de regresión lineal b_j , se hace uso de la formula matricial siguiente:

$$[B] = ([X]^T[X])^{-1} \times ([X]^T[Y]) \quad (\text{Ec.3.8})$$

Fuente: Tineo (2001)

Con el objetivo de hallar un modelo matemático satisfactorio que al reemplazar valores de X_1 y X_2 en el rango investigado (-1 a +1), prediga valores similares a los observados, lo que puede ser calculado matricialmente:

$$Y = [X][B] \quad (\text{Ec.3.9})$$

➤ **Para la gráfica del modelo matemático**

Para poder visualizar un modelo con tres variables (dos variables independientes y una variable dependiente), se realizan cortes en los ejes coordenados. Para el cual se hizo uso del Software Statistica 8.

3.3.2 Diseño experimental para el efecto de recubrimiento comestibles en las paltas

En base al diseño experimental de las películas se seleccionaron tres tratamientos, para su aplicación en las paltas. Esta selección se realizó en base a la concentración de la variable independiente que tuvo más influencia en las propiedades evaluadas de las películas.

Para la selección del recubrimiento comestible empleado en la ralentización del proceso de maduración de los frutos de palta variedad Hass almacenados a condiciones ambientales del laboratorio ($20 \pm 3^\circ\text{C} - 57 \pm 5\% \text{HR}$), se evaluaron 3 frutos por día con intervalos de 3 días para las 7 primeras mediciones, siendo la octava y última medición al día 36 de almacenamiento. Se realizó el análisis de

pérdida de peso (%), textura (mm), contenido de aceite (%) y propiedades ópticas (L^* , C^* y h^*) de cada tratamiento durante los periodos de evaluación. Se utilizó el diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA) con arreglo factorial de 4 tratamientos (RC-01 = 1,01 % MG y 0,20 % EC; RC-05 = 0,70 % MG y 0,50 % EC; RC-09 = 1,75 % de MG y 0,50 % EC y CTRL= sin recubrimiento) por 8 días de mediciones de los efectos (día 4, día 7, día 10, día 13, día 16, día 19, día 22 y día 36) (Anexo 8, 9 y 10). Para ello se utilizaron 96 frutos divididos en lotes de 4 para cada tratamiento acondicionados en bandejas de plástico de 8 frutos por bandeja.

Los resultados del efecto de los recubrimientos comestibles evaluados en frutos de palta fueron analizados mediante un análisis de la varianza (ANOVA) con un nivel de significación del 95% y utilizando para las comparaciones múltiples posibles de los promedios obtenidos en cada evaluación, la prueba de Tukey. Los cálculos se realizaron con el Software Statgraphics Plus® 5.1.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE LAS PELÍCULAS

4.1.1 Solubilidad en agua

Los resultados del análisis de solubilidad en agua se muestran en el anexo 4, y del análisis de varianza (Cuadro 4.1) se evidencia que las variables independientes mucílago de chíá-glicerol (MG) son altamente significativos ($p < 0,01$), esto nos da a entender que los tratamientos son distintos uno del otro, atribuido a que los niveles de las variables fueron resultado de pruebas preliminares. Las películas tienen carácter hidrofílico debido a sus componentes mucílago de chíá y glicerol, Mhinzi y Mrosso (1995), ratifican que el mucílago de chíá presenta una alta solubilidad en agua (50 g/mL), así mismo el glicerol es una molécula hidrófila.

Cuadro 4.1: Análisis de varianza para la solubilidad de las películas (pérdida de peso %)

Fuente de Variación	g.l.	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Fc	Ft-0.05	Sig.
A: % de MG	1	106,916	106,916	148,24	4,161	**
B: % de EC	1	199,778	199,778	276,99	4,161	**
AA	1	10,3642	10,3642	14,37	4,161	**
AB	1	18,75	18,75	26,00	4,161	**
BB	1	15,8977	15,8977	22,04	4,161	**
Repetición	2	0,749267	0,374633	0,52	4,161	NS
Error	31	22,3588	0,721251			
Total	38	378,675				

El modelo para la solubilidad muestra un buen ajuste con los datos experimentales ($p < 0,05$) el coeficiente de determinación R^2 explica que un 94,10% las variables independientes (MG y EC) afectan a la solubilidad de la película. La ecuación 4.1, verifica los coeficientes del modelo matemático.

$$\text{Solubilidad} = 47,884 + 2,11065 * \text{MG} - 2,88515 * \text{EC} - 0,704713 * \text{MG}^2 + 1,25 * \text{MG} * \text{EC} + 0,872795 * \text{EC}^2 \quad (\text{Ec.4.1})$$

Del análisis de máximos y mínimos del modelo matemático mediante la matriz Hessiana, se obtiene los resultados mostrados en el Cuadro 4.2

Cuadro 4.2: Valores de MG y EC en el efecto óptimo de solubilidad de las películas

El valor optimizado = 53,712 % solubilidad

FACTORES	BAJO	ALTO	ÓPTIMO
MG (%)	0,703	2,800	1,938
EC (%)	0,076	0,924	0,076

El cuadro anterior nos muestra que a 1,938 % de mucílago de chíá-glicerol (MG) y 0,046 % de emulsión de cera de abeja-ácido oleico (EC) obtenemos un valor óptimo de 53,712 % de solubilidad de la película en agua, lo cual se puede aplicar en productos que requieran cubiertas con alta solubilidad. La solubilidad en agua también está relacionada con las propiedades de barrera al vapor de agua, ya que entre mayores sean los valores de barrera menor será su solubilidad en agua (Olivas, *et al.*, 2007), por lo que para contrarrestar la pérdida de agua de los frutos buscamos valores mínimos de solubilidad como se muestra en el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3: Valores de MG y EC en el efecto mínimo de solubilidad de las películas

El valor optimizado = 38,655 % solubilidad

FACTORES	BAJO	ALTO	ÓPTIMO
MG (%)	0,703	2,800	0,703
EC (%)	0,076	0,924	0,076

El Cuadro 4.3 muestra que a 0,703 % de MG y 0,076 % de EC podemos obtener una película con característica de 38,655 % de solubilidad en agua y con una mejor propiedad de barrera al vapor de agua.

De la ecuación de respuesta (Ec.4.1) se muestra la Figura 4.1, como una superficie del efecto de los factores, el cual permite inspeccionar, de manera visual la respuesta para cierta zona de los niveles de los factores estudiados.

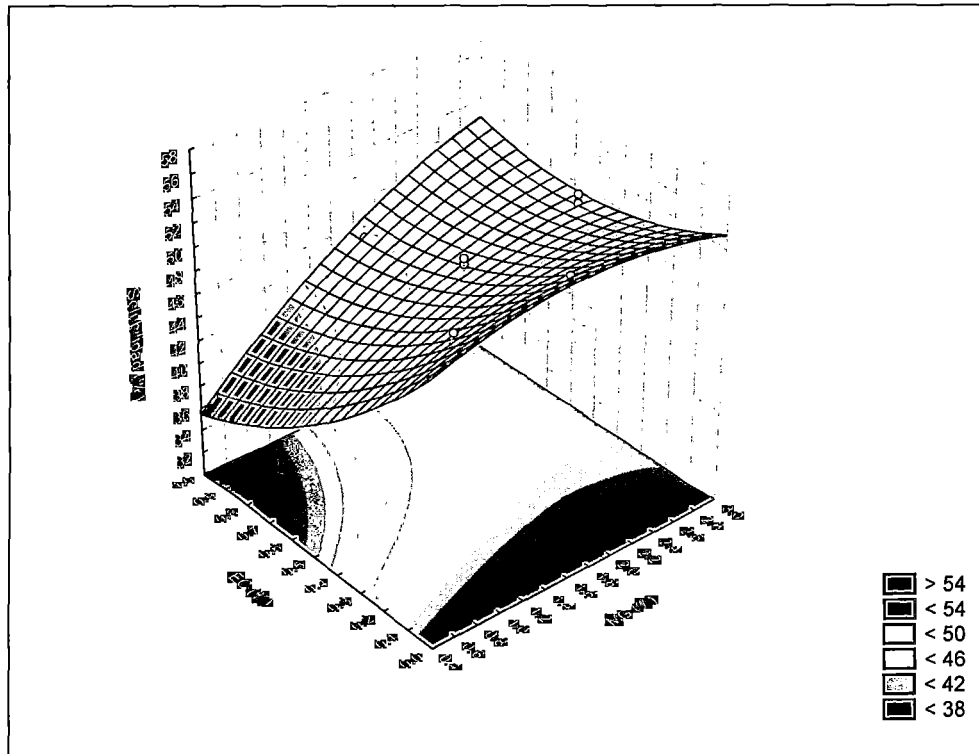


Figura 4.1: Superficie de respuesta de los efectos combinados de MG (%) y EC (%) sobre la solubilidad (pérdida de peso %) de las películas

4.1.2 Propiedades ópticas

Las propiedades ópticas se analizan mediante las coordenadas cromáticas luminosidad o claridad (L^*), croma (C^*), y tono (h^*).

En el anexo 5 se presentan los valores de luminosidad (L^*), croma (C^*) y tono (h^*) de las películas obtenidas, y del análisis de varianza (Cuadro 4.4) se observan, que las concentraciones de mucílago de chíá-glicerol (MG) y la emulsión de cera de abeja-ácido oleico (EC) tienen un efecto altamente significativo ($p < 0,01$) solo para la variable tono (h^*). Asimismo el componente EC muestra significancia en la luminosidad (L^*) y el componente MG es altamente significativa para la variable croma (C^*) de las películas. Estos resultados nos dan a entender que tanto el componente MG y EC influyen en la variación cualitativa del color, MG tiene efecto

en la máxima fuerza y pureza del color de las películas obtenidas y la EC efecto la capacidad de reflejar la luz blanca que incide en él, debido a la fase dispersa en el medio, que dio lugar a una superficie menos homogénea durante el secado de las películas, que afecta su capacidad de reflejar la luz blanca.

Cuadro 4.4: Análisis de varianza para la luminosidad (L*), croma (C*) y tono (h*) de las películas

Fuente de Variación	g.l.	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Fc	Ft-0.05	Sig.
L*						
A: MG (%)	1	10055,5	10055,5	1,49	4,38	NS
B: EC (%)	1	38128,6	38128,6	5,66	4,38	*
AA	1	5435,32	5435,32	0,81	4,38	NS
AB	1	10918	10918	1,62	4,38	NS
BB	1	148490	148490	22,03	4,38	**
Repetición	1	15739,6	15739,6	2,33	4,38	NS
Error	19	128077	6740,91			
Total	25	367047				
C*						
A: MG (%)	1	388,295	388,295	31,57	4,38	**
B: EC (%)	1	14,9046	14,9046	1,21	4,38	NS
AA	1	0,0086914	0,0086914	0,00	4,38	NS
AB	1	18,605	18,605	1,51	4,38	NS
BB	1	243,676	243,676	19,81	4,38	**
Repetición	1	11,5911	11,5911	0,94	4,38	NS
Error	19	233,688	12,2994			
Total	25	914,6				
h*						
A: MG (%)	1	14952,6	14952,6	32,3	4,38	**
B: EC (%)	1	2654,35	2654,35	5,73	4,38	*
AA	1	8436,42	8436,42	18,23	4,38	**
AB	1	1541,24	1541,24	3,33	4,38	NS
BB	1	438,381	438,381	0,95	4,38	NS
Repetición	1	289,712	289,712	0,63	4,38	NS
Error	19	8794,51	462,869			
Total	25	36750,5				

El modelo para la luminosidad (L^*), croma (C^*) y tono (h^*) muestra un buen ajuste con los datos experimentales ($p < 0,05$), los coeficiente de determinación R^2 indican que las variables independientes (MG y RC) afectan la L^* , C^* y h^* de las películas en un 65,12 %, 74,45% y 76,07 % respectivamente. En las ecuaciones 4.2, 4.3 y 4.4 se verifican los coeficientes del modelo matemáticos.

$$L^* = 411,122 - 25,0694*MG - 48,8165*EC + 19,7653*MG^2 - 36,9425*MG*EC - 103,309*EC^2 \quad (\text{Ec.4.2})$$

$$C^* = 14,34 + 4,92631*MG + 0,965164*EC - 0,024994*MG^2 - 1,525*MG*EC - 4,18501*EC^2 \quad (\text{Ec.4.3})$$

$$h^* = 104,034 - 30,5703*MG - 12,8801*EC + 24,6246*MG^2 + 13,88*MG*EC + 5,61328*EC^2 \quad (\text{Ec.4.4})$$

Del análisis de máximos y mínimos del modelo matemático mediante la matriz Hessiana, se obtiene los resultados mostrados en el Cuadro 4.5.

Cuadro 4.5: Valores de MG y EC en el efecto óptimo de la luminosidad (L^*), croma (C^*) y tono (h^*) de las películas

FACTORES	BAJO	ALTO	ÓPTIMO
Luminosidad (L^*)			
MG	0,703	2,797	0,703
EC	0,076	0,924	0,505
Valor óptimo de luminosidad = 486,134			
Croma (C^*)			
MG	0,703	2,797	2,797
EC	0,076	0,924	0,457
Valor óptimo croma = 21,342			

Tono (h^*)			
MG	0,703	2,797	0,703
EC	0,076	0,924	0,076
Valor óptimo de tono = 253,718			

Estos resultados muestran que a 0,703 % de MG y 0,505 % de EC podemos obtener una película con característica de 486,134 en la escala de luminosidad.

Las ecuaciones de respuestas se muestran en las Figuras 4.2, 4.3 y 4.4, como una superficie del efecto de los factores, el cual permite inspeccionar, de manera visual la respuesta para cierta zona de los niveles de los factores estudiados

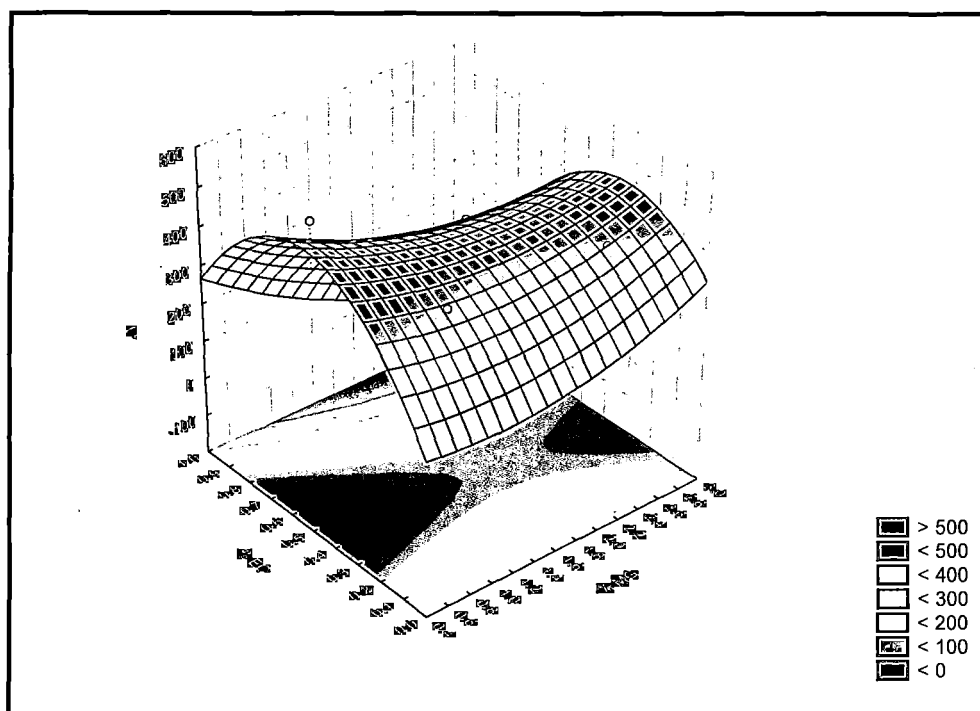


Figura 4.2: Superficie de respuesta de los efectos combinados de MG (%) y EC (%) en los valores de luminosidad (L^*) de las películas

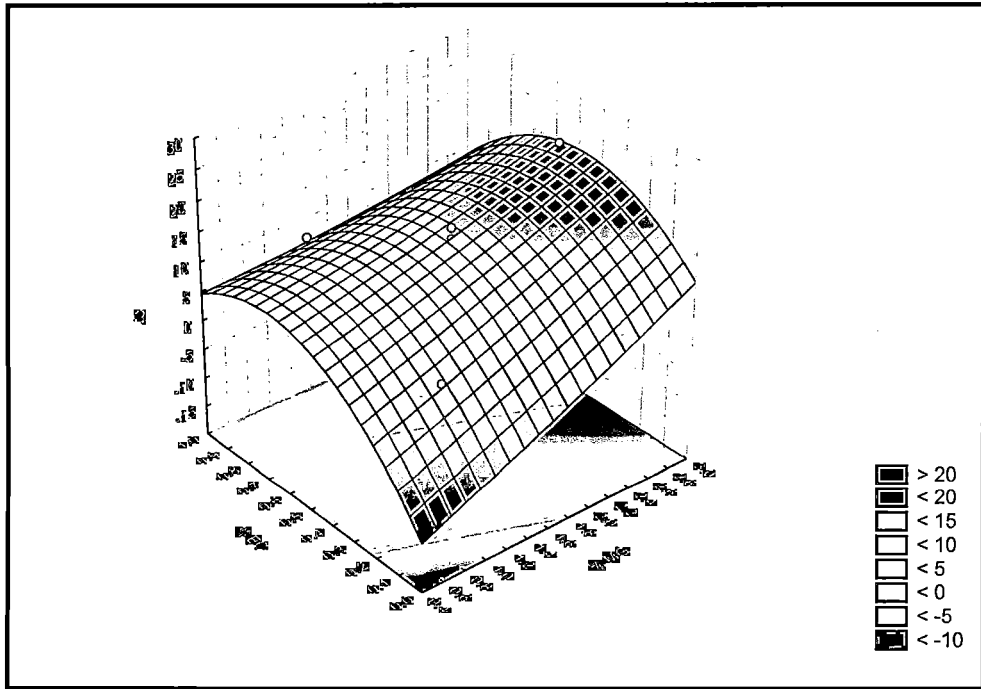


Figura 4.3: Superficie de respuesta de los efectos combinados de MG (%) y EC (%) en los valores de croma (C^*) de las películas

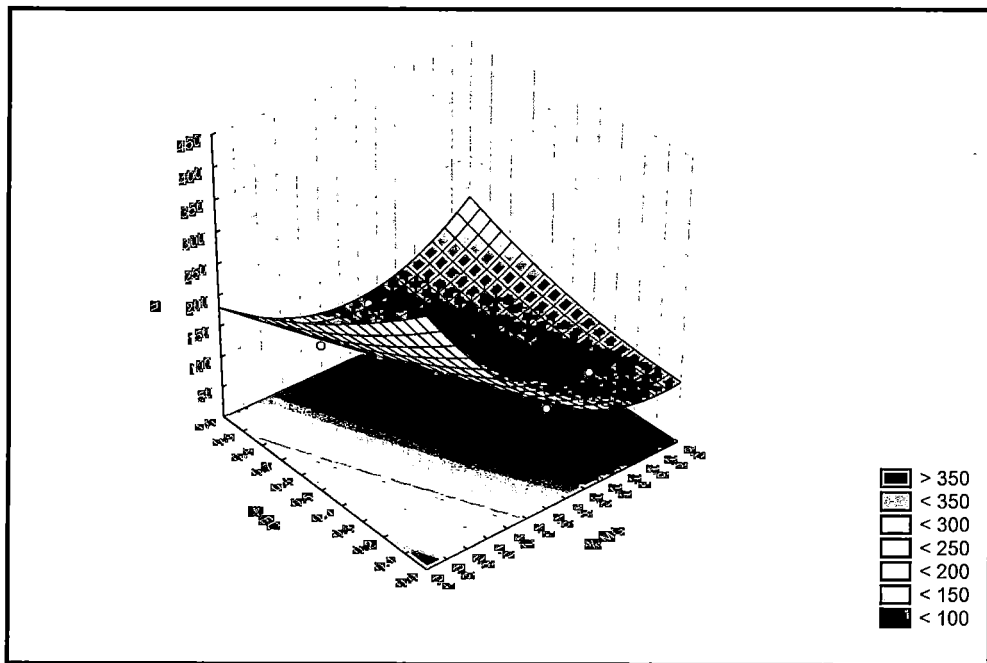


Figura 4.4: Superficie de respuesta de los efectos combinados de MG (%) y EC (%) en los valores de tono (h^*) de las películas

4.1.3 Análisis microestructural

La estructura final de las películas depende del ordenamiento de los diferentes componentes en las FFRs, de su evolución durante el secado de las películas y de las interacciones entre ellos. La Figura 4.5 muestra las micrografías de la sección superficial de las películas obtenidas mediante el Stereomicroscopio AmScope MT, en donde se puede observar el efecto de la incorporación de la emulsión de cera de abeja-ácido oleico (EC) en la microestructura de las películas.

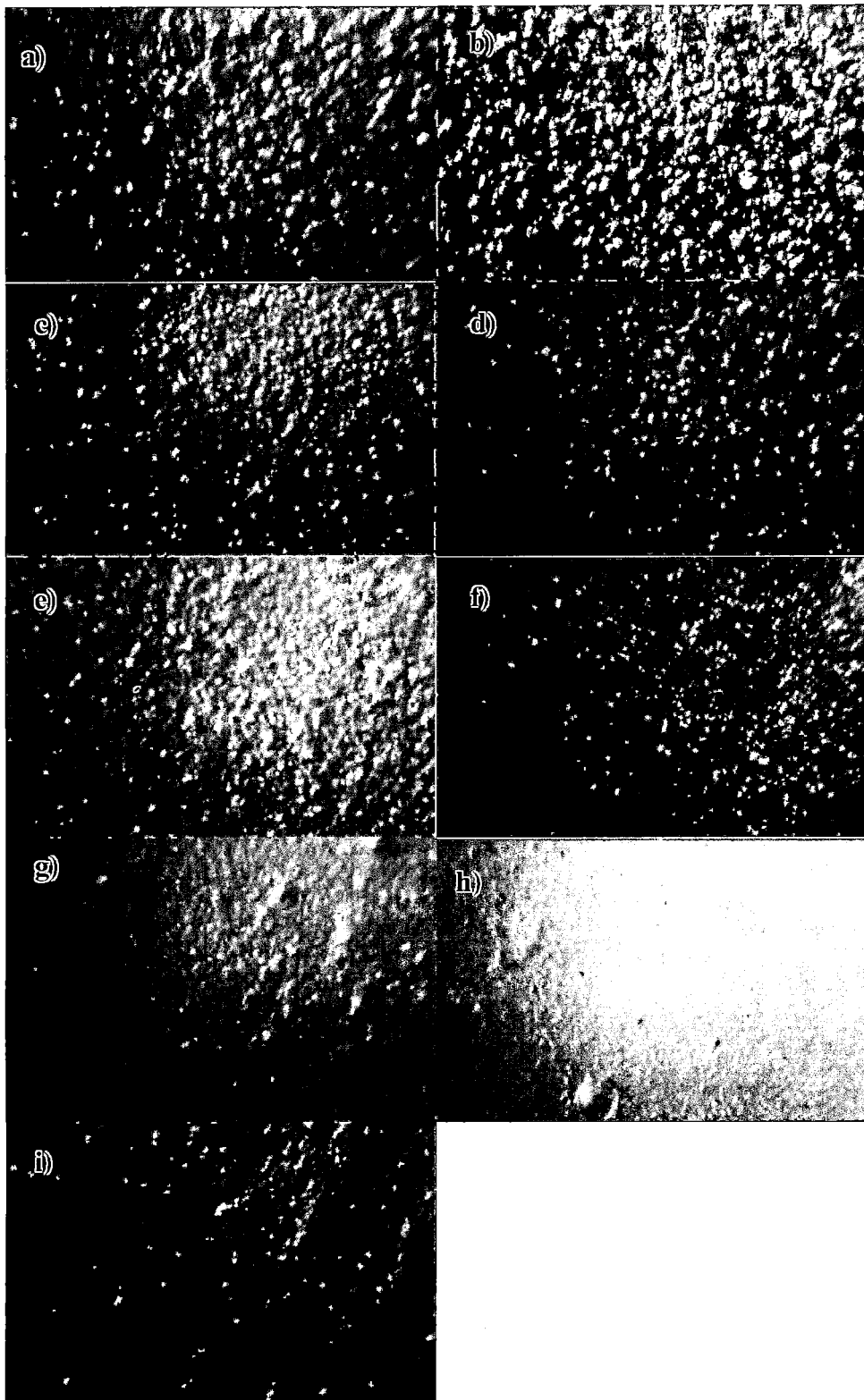


Figura 4.5: Micrografías obtenidas mediante el Stereomicroscopio AmScope

MT de las diferentes películas : PEL-03 (55,80%MG-44,20%EC)

(a), PEL-05 (58,45%MG-41,55%EC) (b), PEL-08 (65,44%MG-

34,56%EC) (c), PEL-04 (75,68%MG-24,32%EC) (d), PEL-09

(77,78%MG-22,22%EC) (e), PEL-01 (83,47%MG-16,53%EC) (f), PEL-06 (84,83%MG-15,17%EC) (g), PEL-02 (92,57%MG-7,43%EC) (h), PEL-07 (95,85%MG-4,15%EC) (i).

Mientras que en las películas con menos contenido de la emulsión de cera de abeja-ácido oleico (EC) (Figura 4.5 fghi) se observa una estructura homogénea y continua, las películas con más concentraciones de EC (Figuras 4.5 abcde) dio lugar a la formación de una estructura quebrada (no continua), donde parecen apreciarse algunas zonas cristalinas. Por otro lado, esta formación de zonas cristalinas también podría contribuir a explicar la reducción en la solubilidad de las películas composites obtenidas, tal y como ha sido observado por otros autores (Fabra *et al.*, 2009).

4.2 ANÁLISIS DEL EFECTO DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

4.2.1 Pérdida de peso

Los resultados del análisis de la pérdida de peso en las paltas se muestran en el anexo 8, y del análisis de varianza (Cuadro 4.6) se evidencia que los tratamientos y días de almacenamiento son altamente significativos ($p < 0,01$), esto nos da a entender que los tratamientos tienen efectos distintos en la pérdida de agua causada por los procesos de transpiración y respiración durante los días de almacenamiento a condiciones ambientales ($20 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C} - 57 \pm 5\% \text{ HR}$).

Cuadro 4.6: Análisis de varianza para la pérdida de peso (%) de las paltas con recubrimientos comestibles y las muestras control

Fuente de Variación	g.l.	Suma de cuadrados	media cuadrática	Fc	Ft-0.05	Sig.
%pp						
Tratamiento	3	1385,68	461,894	8,49	2,715	**
Bloques (Días)	7	14285,5	2040,78	37,49	2,120	**
Error	85	4627,02	54,4355			
Total	95	20298,2				

La Figura 4.6 muestra la pérdida de peso de las paltas expresada en porcentaje, en función de los días de almacenamiento. Es evidente que todos los frutos presentaron una pérdida de peso progresiva con el tiempo de almacenamiento, sin embargo ésta fue más evidente en los frutos sin recubrimiento. Al finalizar la evaluación (día 36) se observó que los frutos con el tratamiento RC-05 fueron los que presentaron menores pérdida de peso, seguidos de aquellos recubiertos con el tratamiento RC-01 y RC-09. La Figura 4.7 muestra claramente el efecto del recubrimiento sobre el proceso de maduración de los frutos de palta. Los frutos recubiertos presentaron una mejor apariencia producto de la extensión de su vida de anaquel.

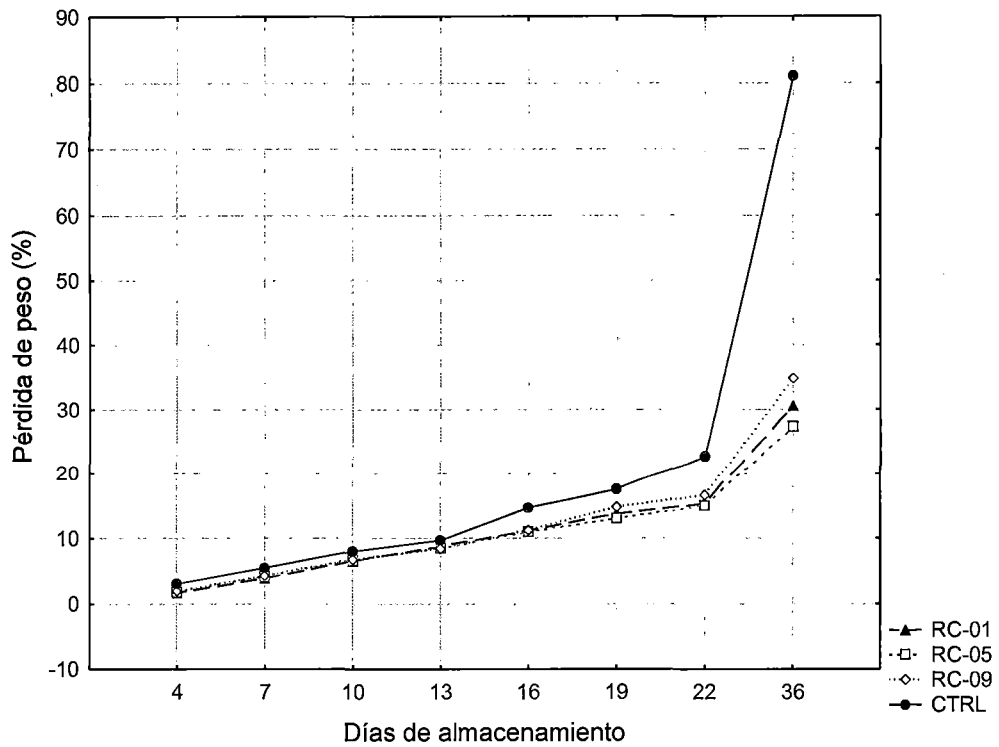


Figura 4.6: Efecto de los recubrimientos en la retención de peso de las paltas almacenadas a condiciones ambientales

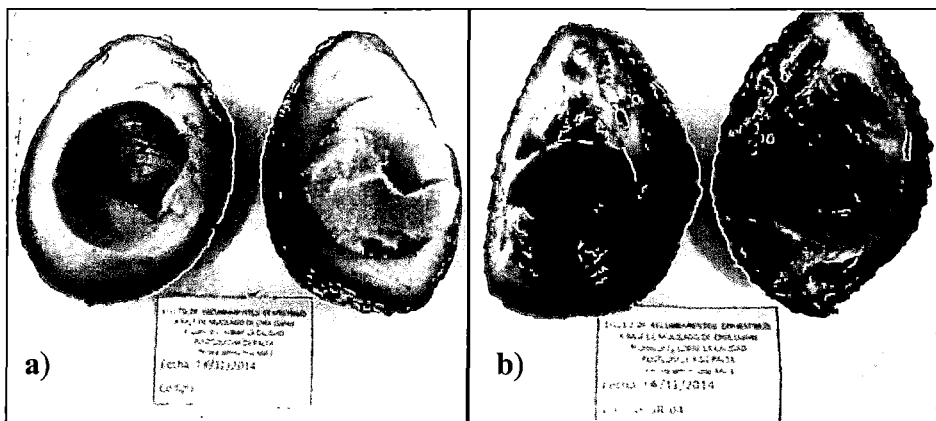


Figura 4.7: Aspecto físico de las paltas recubiertas (a) y no recubiertas (b) al día 36 de almacenamiento a condiciones ambientales

En la prueba de Tukey, no se halló diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) referente a la variación de la pérdida de peso entre los tratamientos RC-01, RC-05 y RC-09 como se muestra en la figura 4.8.

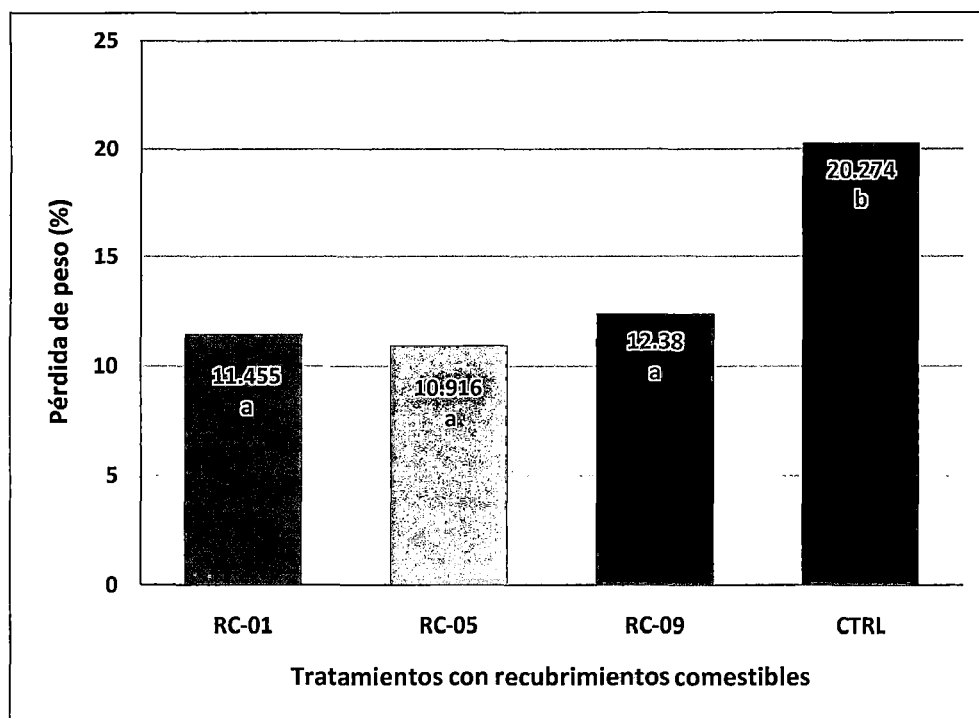


Figura 4.8: Prueba de Tukey para la pérdida de peso de las paltas con recubrimientos comestibles

Davanco (2006) y Maia, Porte y Souza (2000) señalan que mediante el uso de los recubrimientos comestibles se reduce la pérdida de humedad. Sin embargo, Azeredo (2003), mencionan que los recubrimientos a base de polisacáridos tienen buenas propiedades de barrera al O_2 y CO_2 , pero su desventaja al utilizarse es que las propiedades de barrera a la humedad son bajas debido a su naturaleza hidrofílica y según, Pastor *et al.* (2005), la combinación de polisacáridos con lípidos es muy ventajosa, pudiendo proveer mejores propiedades de barrera a la humedad, lo cual se

refleja en el efecto de los tratamientos que presentan en su estructura concentraciones mucílago de chíá-glicerol y emulsión de cera de abeja-ácido oleico.

4.2.2 Propiedades mecánicas (textura)

Los resultados del análisis de la textura en las paltas se muestran en el anexo 9, y del análisis de varianza (Cuadro 4.7) se evidencia que los tratamientos y días de almacenamiento son altamente significativos ($p < 0,01$), esto nos da a entender que los tratamientos tienen efectos distintos en los cambios metabólicos y la pérdida de humedad propios del proceso de maduración, que es reflejado en la variación de la textura durante los días de almacenamiento a condiciones ambientales ($20 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C} - 57 \pm 5\% \text{ HR}$).

Cuadro 4.7: Análisis de varianza para la textura (mm) de las paltas con recubrimientos comestibles y las muestras control

Fuente de Variación	g.l.	Suma de cuadrados	media cuadrática	Fc	Ft-0.05	Sig.
Tratamiento	3	184842	61614,1	16,68	2,715	**
Bloque (Días)	7	154244	22034,8	5,97	2,120	**
Error	85	313897	3692,91			
Total	95	652983				

La Figura 4.9 muestra que la variación de la textura representada en distancia de penetración en las paltas aumento a lo largo del periodo de almacenamiento. Sin embargo las muestras control presentaron mayores valores de distancia de penetración al día 22 de evaluación y al finalizar la evaluación (día 36) estos valores disminuyeron, debido al deshidratamiento de los frutos contrastado con un valor medio de pérdida de peso de 20,27 %. Es posible observar que los frutos recubiertos con el tratamiento RC-01 retuvieron mejor sus propiedades de textura, así mismo

estos resultados concuerdan con los obtenidos para pérdida de peso, ya que los tratamientos RC-01 y RC-05 presentaron los menores valores.

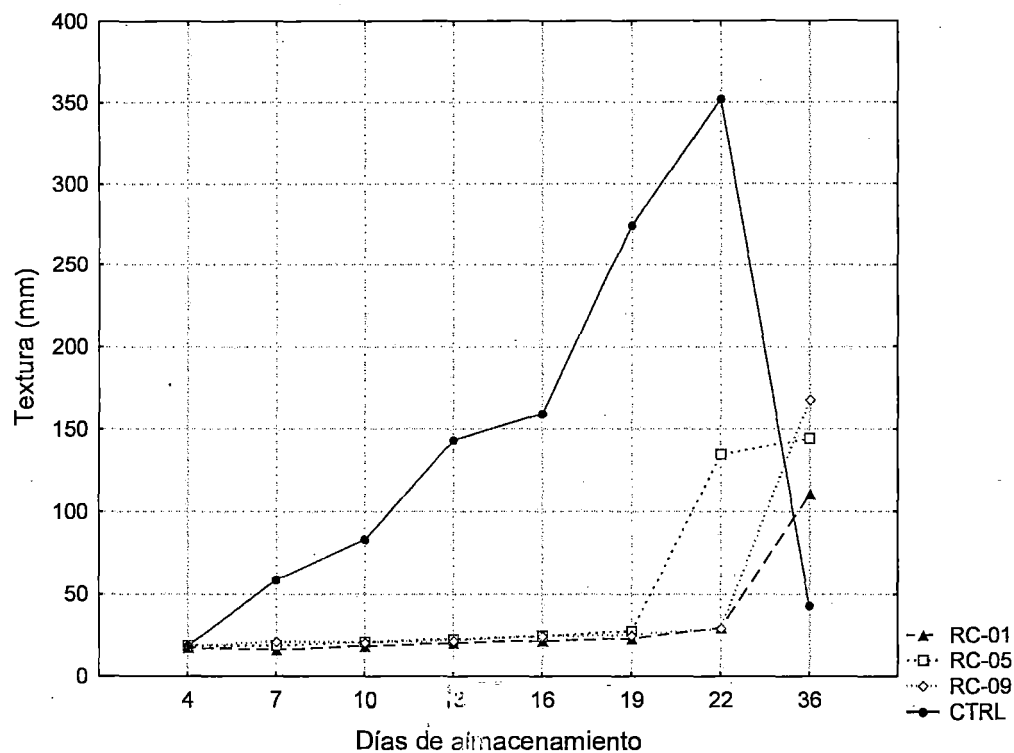


Figura 4.9: Efecto de los recubrimientos comestibles en la firmeza de las paltas almacenadas a condiciones ambientales

En la prueba de Tukey (Figura 4.10), no se halló diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) referente a la variación de la textura de las paltas con los tratamientos.

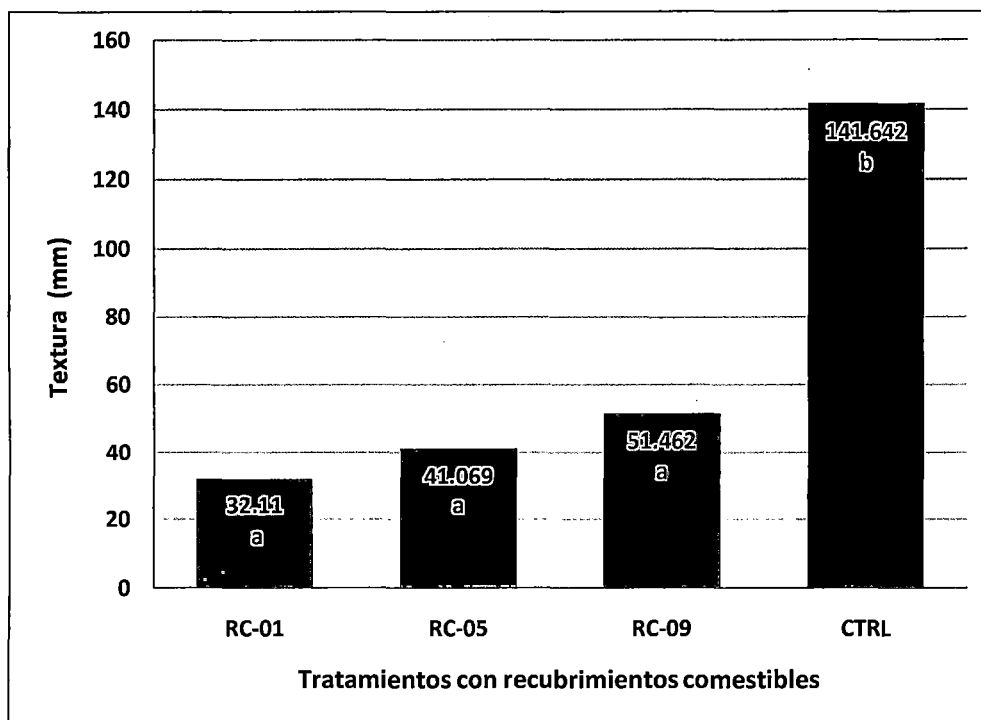


Figura 4.10: Prueba de Tukey para la textura de las paltas con recubrimientos comestibles

Los resultados son ratificados por Maia *et al.* (2000), quienes mencionan que la aplicación de recubrimientos comestibles en productos hortofrutícolas, limita la acción enzimática que provoca su ablandamiento al reducir el intercambio gaseoso, ayudando así al mantenimiento de su textura.

4.2.3 Contenido de aceite (%)

Los resultados del análisis del contenido de aceite se muestran en el anexo 10, y del análisis de varianza (Cuadro 4.8) se evidencia que los tratamientos y días de almacenamiento son altamente significativos ($p < 0,01$), esto nos muestra que los tratamientos tienen efectos distintos en los cambios metabólicos que generan la producción de ácidos grasos que es un parámetro indicativo de la madurez de los

frutos de palta, ya que los valores usualmente se incrementan en el periodo de maduración durante los días de almacenamiento a condiciones ambientales.

Cuadro 4.8: Análisis de varianza para el contenido de aceite (%) de las paltas con recubrimientos comestibles y las muestras control

Fuente de Variación	g.l.	Suma de cuadrados	media cuadrática	Fc	Ft-0.05	Sig.
Tratamiento	3	259,2	86,4001	43,25	2,715	**
Bloques (Días)	7	1395,8	199,401	99,80	2,120	**
Error	85	169,823	1,99792			
Total	95	1824,83				

La Figura 4.11 muestra que los valores de contenido de aceite (%) se incrementaron con el tiempo de almacenamiento y que los frutos recubiertos con el tratamiento RC-09 presentaron los menores valores.

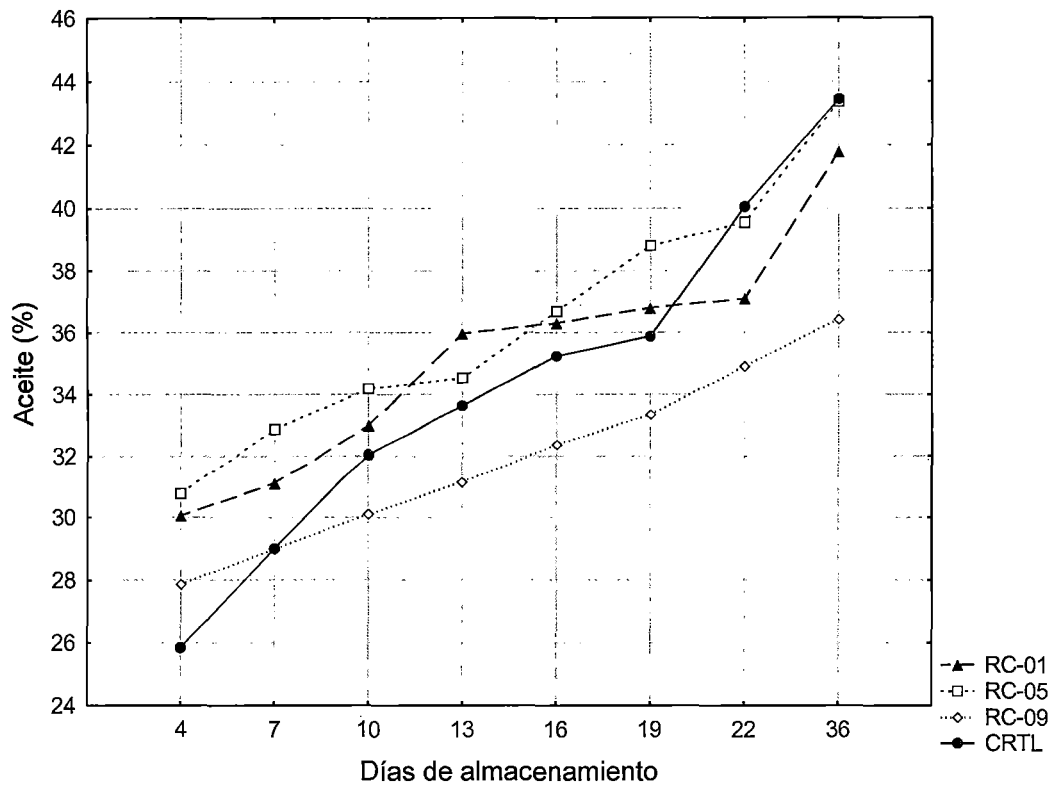


Figura 4.11: Efecto de los recubrimientos comestibles en el contenido de aceite (%) de las paltas almacenadas a condiciones ambientales

La prueba de Tukey, muestra diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) referente a la variación del contenido de aceite de las paltas entre los tratamientos RC-01, RC-05 y RC-09.

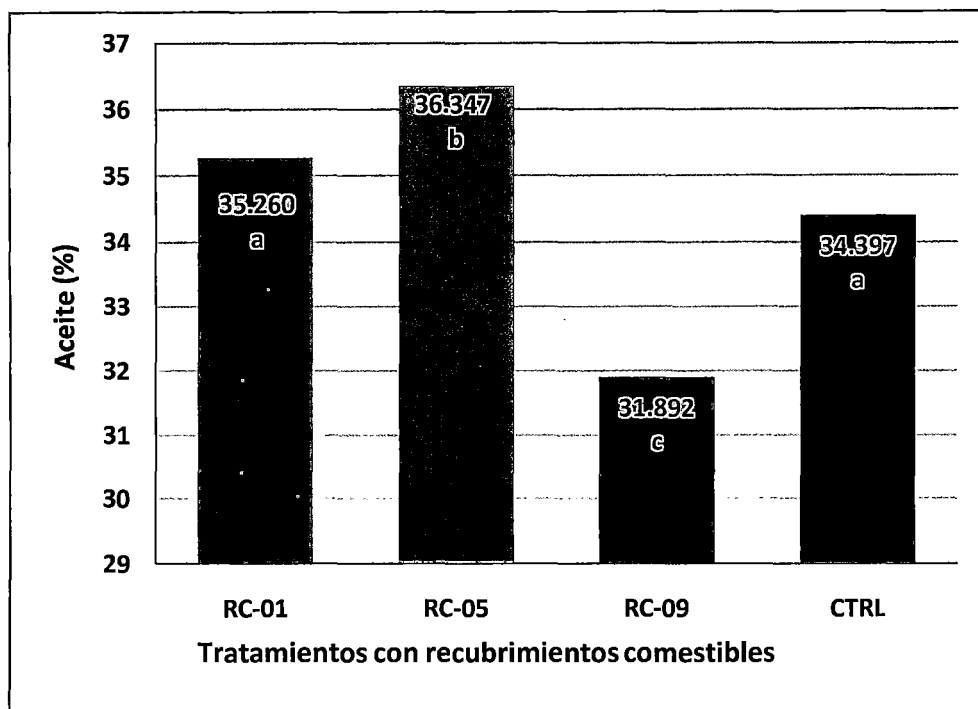


Figura 4.12: Prueba de Tukey para el contenido de aceite (%) de las paltas con recubrimientos comestibles

4.2.4 Propiedades ópticas

A partir del espectro de reflexión de las muestras de pulpa variedad Hass, se obtuvieron los valores de luminosidad (L^*), croma (C^*) y tono (h^*) del diagrama a^*b^* .

En el anexo 11 se presentan los valores de luminosidad (L^*), croma (C^*) y tono (h^*) de las muestras, y del análisis de varianza (Cuadro 4.9) se evidencia que los tratamientos y días de almacenamiento son altamente significativos ($p < 0,01$), para la variable croma (C^*) y tono (h^*), asimismo se muestra que los tratamientos tienen diferencias estadísticamente significativa para la luminosidad (L^*) de la pulpa de palta variedad Hass. Estos resultados nos dan a entender que los tratamientos influyen en la variación cualitativa del color, la máxima fuerza y pureza del color, así

como la capacidad de reflejar la luz blanca que incide en las muestras de pulpa de palta de los tratamientos y muestra control.

Cuadro 4.9: Análisis de varianza para la luminosidad (L*), croma (C*) y tono (h*) de la pulpa de las paltas con recubrimientos comestibles y las muestras control

Fuente de Variación	g.l.	Suma de cuadrados	Media cuadrática	Fc	Ft-0.05	Sig.
Luminosidad (L*)						
Tratamiento	3	87,7475	29,2492	2,86	2,73	*
Bloques (Días)	6	6306,94	1051,16	102,74	2,22	**
Error	74	757,139	10,2316			
Total	83	7151,82				
Croma (C*)						
Tratamiento	3	102,268	34,0892	5,30	2,73	**
Bloques (Días)	6	1748,92	291,486	45,32	2,22	**
Error	74	475,962	6,43192			
Total	83	2327,15				
Tono (h*)						
Tratamiento	3	118,383	39,4609	52,87	2,73	**
Bloques (Días)	6	134,462	22,4103	30,03	2,22	**
Error	74	55,2279	0,746323			
Total	83	308,072				

La Figura 4.13 muestra los valores de luminosidad (L*), croma (C*) y tono (h*) de la pulpa de palta a cada tiempo de almacenamiento a condiciones ambientales (20 ± 3 °C – $57 \pm 5\%$ HR). En ella se observa cómo los valores de luminosidad (L*) aumentaron, dando lugar a muestras más claras con aumento de pureza de color (C*) característicos a la pulpa de palta madura.

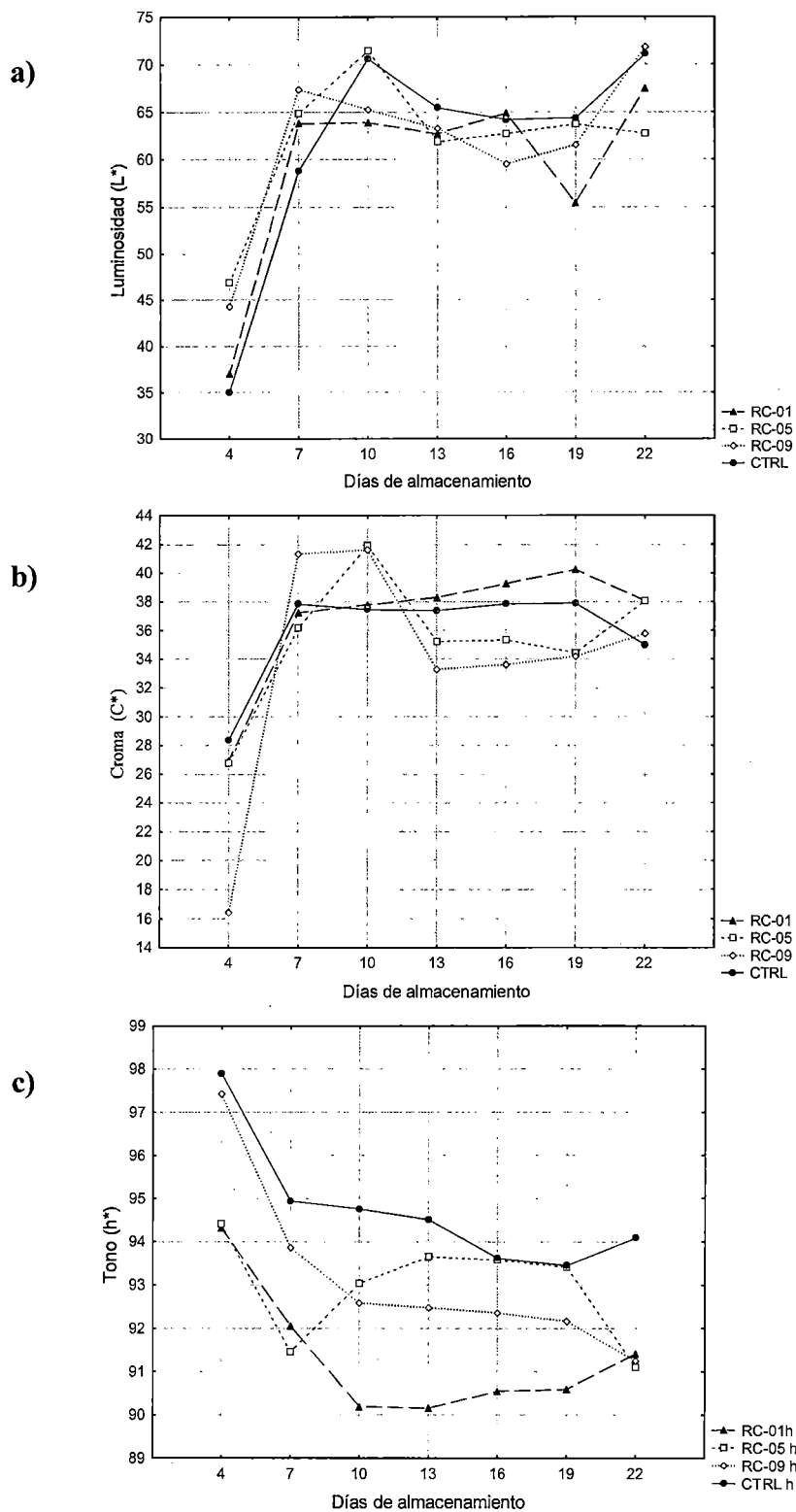


Figura 4.13: Luminosidad (L*) (a), croma (C*) (b) y tono (h*) (c) de las paltas a cada tiempo del almacenamiento a condiciones ambientales

La prueba de Tukey (Figura 4.14) referente a la pureza del color (C^*) en la pulpa de paltas, muestra diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) entre los tratamientos RC-01 y RC-09.

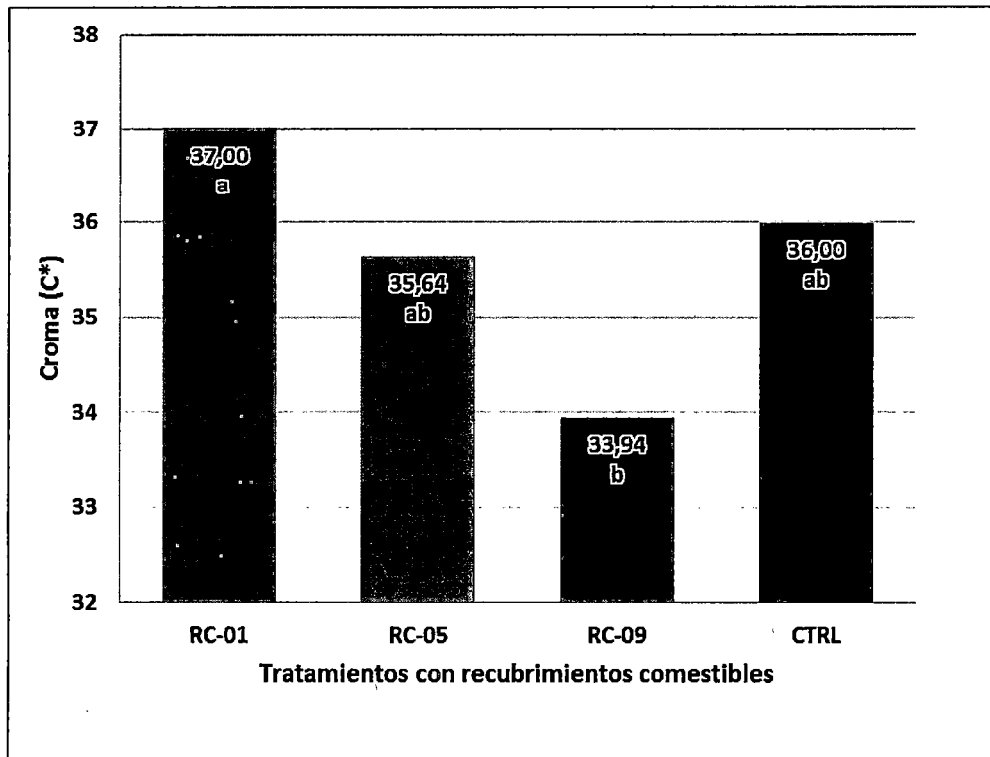


Figura 4.14: Prueba de Tukey para los valores de croma de pulpa de las paltas con recubrimientos comestibles

La prueba de Tukey (Figura 4.15) referente a la variación cualitativa del color (h^*) en la pulpa de paltas, muestra diferencia estadística significativa ($P < 0,05$) entre los tratamientos RC-01 y RC-09.

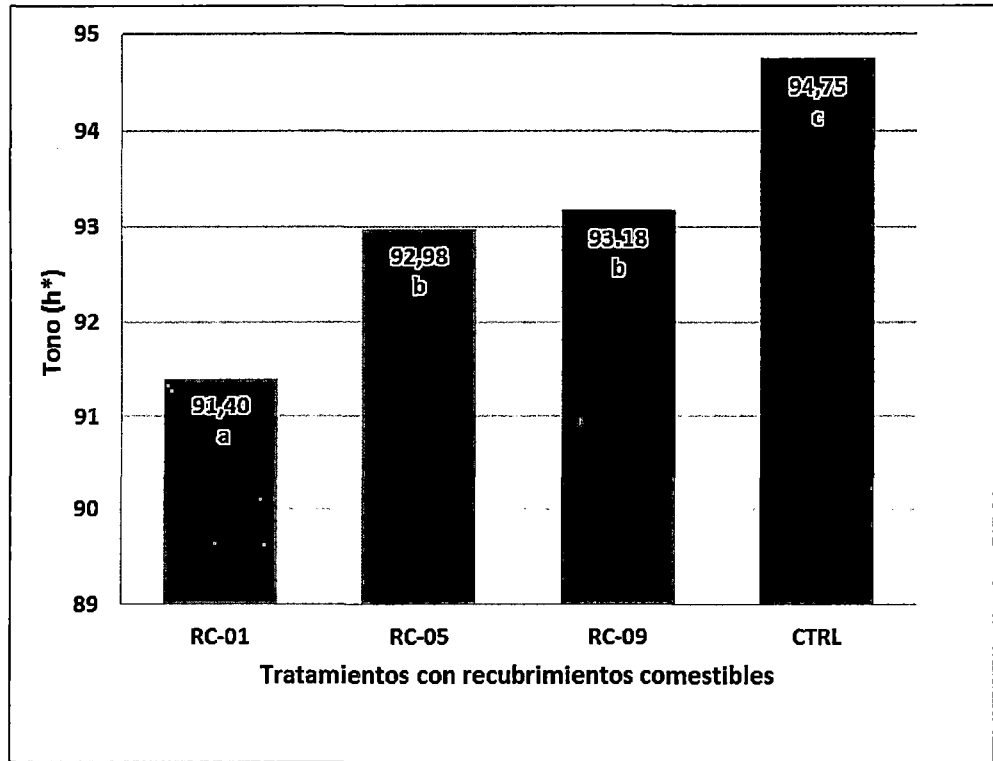


Figura 4.15: Prueba de Tukey para los valores de tono de pulpa de las paltas con recubrimientos comestibles

CONCLUSIONES

- Se diseñó las formulaciones formadoras de recubrimiento (FFRs) teniendo como matriz soporte soluciones acuosas de mucílago de chíá-glicerol y como agente que aumente las propiedades de barrera contra el vapor de agua, se incorporó emulsiones de cera de abeja-ácido oleico con la finalidad de adherirle características hidrofóbicas, según el ordenamiento de tratamientos dado por un diseño central compuesto rotable.
- Los parámetros óptimos de la caracterización de películas fueron: en el mínimo de solubilidad en agua: 0,703 MG (%) y 0,924 EC (%) para obtener un 38,655 % de mínimo de solubilidad; luminosidad (L^*) : 0,703 MG (%) y 0,505 EC (%) para obtener un valor 486,134 de luminosidad; croma (C^*) : 2,797 MG (%) y 0,457 EC (%) para obtener un valor 11,342 de croma; tono (C^*) 0,703 MG (%) y 0.076 EC (%) para obtener un valor 253,718 de tono en la película . Se llega a la conclusión que a mayor concentración de emulsión de cera de abeja-ácido oleico (EC%) menor solubilidad, menor luminosidad y mayor croma y tono, esto debido a la presencia de micelas en la estructura de las películas.
- Del análisis de influencia de la aplicación de los recubrimientos comestibles en las paltas variedad Hass, durante el almacenamiento en condiciones ambientales, se concluye que a mayor contenido de la emulsión de cera de abeja-ácido oleica se da un mayor efecto a contrarrestar la pérdida de peso y por ende un mayor efecto de barrera al pavor de agua.
- De los recubrimientos comestibles evaluados, el recubrimiento RC-05 formulado a base de 0,70 % de mucílago de chíá-glicerol (MG) y 0,50 % de emulsión de cera de abeja-ácido oleica (EC) en la formulación de FFR, fue el que presento

una ralentización del proceso de maduración, llegando a tener condiciones aceptable de madurez de consumo a los 36 días de almacenamiento, en contraste con la muestra control que presenta condiciones no aptas de consumo.

RECOMENDACIONES

En investigaciones futuras sobre el tema se sugiere:

- Determinar la propiedad de barrera contra el oxígeno, en este tipo de materiales, ya que éste gas está involucrado en muchas reacciones de degradación de alimentos (rancidez de grasa y aceites, crecimiento microbiano, oscurecimiento enzimático, pérdida de vitaminas, etc.).
- Estudiar el efecto de algún otro plastificante en las propiedades de películas a bases de mucilago de chíá -emulsión de cera de abeja y comparar su eficiencia contra el glicerol.
- Cuantificar la producción de etileno en frutos de palta recubiertos con este tipo de películas.
- Evaluar la aplicación de los recubrimientos comestibles de mucilago de chíá-emulsión de cera de abeja, en otros frutos.
- Determinar las propiedades mecánicas (resistencia al esfuerzo de fractura módulo de elasticidad) de este tipo de películas, para sus posibles usos en las industrias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M.; Espinoza, N.; Cruz, A.; Ramírez, M. (2012). Caracterización y aplicación de películas a base de gelatina-carboximetilcelulosa para la preservación de frutos de guayaba. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Universidad Autónoma del Estado de México. 25(1) 1-7.
- American Heart Association (1999). Functional foods: position of ADA. J Am Diet Assoc 99, 1278-12850
- Amortegui, I. (2001). El cultivo de aguacate. Corporación para la promoción del desarrollo rural y agroindustrial del Tolima. Ibague. México. p. 9
- Arias y Toledo, J. (2000). Manual de Manejo Postcosecha de frutas tropicales. Proyecto TCP/PER/6713. Técnicas Mejoradas de Postcosecha, Procesamiento y Comercialización de frutas. Organización de las naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) Italia.
- Ayerza R, Coates W (2005). Chia. Rediscovering a Forgotten Crop of the Aztecs (1st ed.). The University of Arizona Press, Tucson, USA, p 197.
- Azeredo, H. (2003) películas Comestibles en frutas Conservadas por Metodos Combinados: Potencial da aplicacao. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos. v. 21,n.2. Curitiba. Brasil.
- Baldwin, E.; Nisperos-Carriedo, M.; Hagenmaier, R.; Baker, R. (1997). Use of lipids in coatings for food products. Food Technology, 51, 56-64.
- Bartoli, J. (2008). Manual Técnico del cultivo de aguacate Hass. Fundación hondureña de investigación agrícola, Honduras, C.A. pp. 1-5

- Benger, H.; Galletti, L.; Marin, J.; Fichet, T. y Lizana, L. (1993) Efecto de Atmosfera Controlada y el encerado en la vida postcosecha de Chirimoya (*Annona cherimolla* Mill). Proc. Interamer. Soc Trop. Hort 37. Santiago. Chile.
- Bernal, J.; Diaz C.; Cordoba, O.; Lodoña, M.; Tamayo, P. (2008). Tecnología para el cultivo del Aguacate. La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Colombia. p. 15.
- Bernalte, M.; Ayuso, C.; Lozano, M.; Hernández, M. y Vidal, M. (2006) Tratamiento Postcosecha de Fruta para el Mantenimiento de su Calidad. Alimentación, Equipo y Tecnología. N 215. Edit. Alción S.A. Madrid. España.
- Biale, J. y Young, R., (1971). The avocado pear. In the biochemistry of fruits and their products. Vol., 2 A.C. Hulme (ed) Acad. Press.
- Cuq, B.; Gontard, N.; Cuq, J.; Guilbert, S. (1996). Functional properties of myofibrillar protein-based biopackaging as affected by film thickness. Journal of Food Science, 61, 580-584.
- Davanco, T. (2006) Desenvolvimento e caracterizacao de biofilms a base de gelatina, triacetina, acido esteárico ou ácido caproico e surfactantes. Tese de Mestado Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidad Estadual de Campinas. Brasil
- Directiva 95/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de febrero de 1995 relativa a aditivos alimentarios distintos de los colorantes y edulcorantes.

- Drake, S.R., Kupferman, E.M., Fellman, J.K. 1988. Bing sweet cherry (*Prunus avium* L.) quality as influenced by wax coatings and storage temperature. *Journal of Food Science*, 53, 124-126.
- Elleuch M, Besbes S, Roiseux O, Blecker C, Attia H (2007). Quality characteristics of sesame seeds and by-products. *Food Chem* 103, 641-650
- Fabra, M.J., Jiménez, A., Atarés, L., Talens, P., Chiralt, A. (2009). Effect of fatty acids and beeswax addition on properties of sodium caseinate dispersions and films. *Biomacromolecules*, 10, 1500-1507.
- Fayaz, A.; Balaji, K.; Girilal, M.; Kalaichelvan, P.; 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, 6246-6252.
- FDA 21CFR172. (2006). Food additives permitted for direct addition to food for human consumption. Subpart C. Coatings, Films and Related Substances. Code of Federal Regulations, Title 21, Volume 3.
- Galvis, J. 1997. El Lulo, manejo post- cosecha, Universidad Nacional de COLOMBIA CORPOICA. P. 29.
- Garbanzo, M. (2011). Manual de Aguacate: Buenas prácticas de cultivo variedad Hass. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. p. 10
- García, A. (2010). Caracterización de aguacate criollo (*Persea americana* Mill) de los Reyes, Nuevo Parangaricutiro y Tancitaro Michoacan, México. Tesis. Facultad de Agrobiología. Universidad Michoacan de

San Nicolás de Hidalgo. México.

- Gennadios, A., Weller, C. (1990). Edible films and coatings from wheat and corn proteins. *Food Technology*, 44, 63-69.
- Gil, G. (2004). La producción de fruta. Fruta de clima templado y subtropical y uva de vino. Edición Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. p. 583.
- Gowda, D.C. (1984). Polysaccharide components of the seed-coat mucilage from *Hyptis suaveolens*. *Phytochemistry*, 23 (2): 337-338.
- Greener, I., Fennema, O. (1994). Edible films and coatings: Characteristics, formation, definitions, and testing methods. En: Krochta, J., Baldwin, E., Nisperos-Carriedo, M. (eds.). *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. Ed. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, USA, pp. 1-24.
- Guilbert, S. (1986). Technology and application of edible protective films. En: Mathlouthi, M. (ed.). *Food Packaging and Preservation. Theory and Practice*. Ed. Elsevier Applied Science Publishers, New York, USA, pp. 371-394.
- Han, C.; Zhao, Y.; Leonard, S.; Traber, M. (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*, 33,67-78.
- Hernández, E. (1994). Edible coatings from lipids and resins. En: Krochta, J.M., Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O. (eds.). *Edible Coatings*

- and Films to Improve Food Quality. Ed. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, USA, pp. 279-303.
- Herrera, 2011. Manejo postcosecha de los productos alimenticios de origen vegetal en los mercados públicos de Mérida, Yucatán México. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha: ISSN 1665-0204
- Hutchings, J. (1999). Food Color and Appearance, 2nd ed. Ed. Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland, USA.
- Ivana, M. (2013). Caracterización y funcionalidad de subproductos de chía (*Salvia hispanica* L.) aplicación en tecnología de alimentos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de la Plata. Argentina pp. 2,33
- Jara, F. (2007). Comparación del periodo de madurez en palta Hass en cinco zonas productoras de Chile. Taller de Licenciatura Ing. Agr. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía, Quillota, Chile. p.22.
- Jeong, J.; Huber, D.; y Sargent, S.A. (2003). Delay of avocado (*Persea Amerinaca*) fruit ripening by 1-methylcyclopropene and wax treatments. *Postharvest Biology and Technology* 28,247-257
- Kester, J.; Fennema, O. (1986). Edible films and coatings: A review. *Food Technology*, 40, 47-59.
- Krochta, J.; de Mulder-Johnston, C. (1997). Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technology*, 51, 61-74.
- Lee, S. y R. Young. (1978). Avocado fruit maturity. *California Avocado Society Year Book*. 62: 51-57.

- Lin KY, Daniel JD, Whistler RL (1994). Structure of chia seed polysaccharide exudate. *Carb Polym* 23, 13-18
- Loubes MA, Calzetta Resio AN, Tolaba MP, Suarez C (2012). Mechanical and thermal characteristics of amaranth starch isolated by acid wet-milling procedure. *LWT – Food Sci Tech* 46, 519-524.
- Maia, L.; Porte,A.;Souza,V.(2000) Filmes comestíveis : Aspectos Gerais, Propiedades de Barrera a Umidade e Oxigeno. Boletim do centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos. v. 18,n.1 Curitiba. Brasil.
- Marin Flores FM, Acevedo MJ, Tamez RM, Nevero MJ, Garay AL (2008). WO/2008/0044908 Method for obtaining mucilage from *Salvia hispanica* L. Word Internacional Property Organization.
- Martín-Polo, M.; Mauguin, C.; Voilley, A. (1992). Hydrophobic films and their efficiency against moisture transfer. 1. Influence of the film preparation technique. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 407-412.
- Maza, S. (2008). Estudio de palta en el Perú y el Mundo. Dirección General de información agraria. Perú. Ministerio de Agricultura. p. 3.
- McHugh, T.H. (1996). Effects of macromolecular interactions on the permeability of edible films. En: Parris, N., Kato, A., Creamer, L., Pearce, J. (eds.). *Macromolecular Interactions Technology*. ACS Symposium series 650, pp. 133-144.
- Melo, M.; Castro, J; Carvalho, C. y Pommer, C.(2002). Conservacao refrigerada de Cherimoia Embalada em Filme Plástico com Zeolite. *Tecnologia Pos-Colheita. Bragantia*. Vol.61, n.1. Campinas. Brasil.
- Mhinzi GS, Mrosso HDJ (1995). Studies on Tanzania Acacia gum exudates

from the series *Vulgares* and *Gummiferae*. *Food Chem* 54, 261-264

- Morillon, V.; Debeaufort, F.; Blond, G.; Capelle, M.; Voilley, A. (2002). Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42, 67-89.
- Navarro, M. (2009). Nuevos recubrimientos antimicrobianos para el control postcosecha de la podredumbre azul de los cítricos. Tesis de Master. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Nisperos-Carriedo, M.; Baldwin, E.; Shaw, P. (1992). Development of an edible coating for extending postharvest life of selected fruits and vegetables. *Proceedings of the Annual Meeting Florida State Hort. Society*, 104, 122-125.
- Ojeda, M. (2006). Fisiología Postcosecha en frutos. Jornada sobre Manejo Postcosecha de frutas. Sociedad Venezolana para la fruticultura. Venezuela.
- Olaeta, J., P. Undurraga y F. Gardiazabal. (1991). Índices de madurez en paltas. *Guanajuato, México*. 61(2-3): 248.
- Olivas, G.; Mattinson, D. y Barbosa, G. (2007) *Postharvest Biol. Technol.* 45, 89
- Oms-Oliu, G.; Soliva-Fortuny, R.; Martín-Belloso, O. (2008). Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of freshcut pears. *Postharvest Biology and Technology*, 50, 87-94.
- Pantastico, E. (1985). Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Compañía editorial

Continental S.A. México.

Parzanese, M. Tecnologías para la Industria Alimentaria Películas y Recubrimientos Comestibles. Alimentos Argentinos – MinAgri. Argentina. pp. 9-10.

Pastor, C., Vargas, M., González-Martínez, C. 2005. Recubrimientos comestibles: Aplicación a frutas y hortalizas. Alimentación, Equipos y Tecnología, 197, 130-135. Petersen, K.; Nielsen, P.; Bertelsen, G.; Lawther, M.; Olsen, M.; Nilsson, N. y Mortensen, G. (1999). Potential of biobased materials for food packing. Trends in Food Science and Technology, 10, 52-68.

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.

Schroeder, C.A. (1987). Physiological gradient in fleshy pericarp of avocado. S. Afr. Avocado Growers Association Yearbook. 10:32-34

Sharma, S. (1981). Gums and Hydrocolloids in oil-water emulsions. Food Technology, 35, 59-67.

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.

Téliz D, (2000). El Aguacate y su manejo integrado. Primera edición, Mundi-Prensa, México, D. F.

- Tineo, B. (2001). Manual para el Análisis de diseños Experimentales de Superficie de Respuesta. Edit. Vicerrectorado Académico Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho-Perú. p. 81.
- Tzoumaki, M.; Biliaderis, C., 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.
- United States Department of Agriculture - USDA (2002). Nutrient Database for Standard Reference. Release 15, Nutrient. Data Laboratory, Beltsville Research Center, US Department of Agriculture, Pennsylvania, USA
- Valencia-Chamorro, S; Pérez-Gago, M.; Del Río, M.; Palou, L. (2009). Effect of antifungal hydroxypropylmethylcellulose (HPMC)-lipid edible composite coatings on postharvest decay development and quality attributes of cold-stored Valencia oranges. *Postharvest Biology and Technology*, 54, 72-79.
- Vargas, M., Pastor, C., Albors, A., Chiralt, A., González-Martínez, C. (2008). Development of edible coatings for fresh fruits and vegetables: Possibilities and limitations. *Fresh Produce*, 2, 32-40.
- Vargas, M.; Albors, A.; Chiralt, A.; González-Martínez, C. (2006). Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 164-171.
- Villamizar, F. y Ospina, J. (1995) Frutas y Hortalizas: Manejo tecnológico Postcosecha. Primera edición. Publicaciones SENA. Colombia.
- Wang, L.; Liu, L.; Holmes, J.; Kerry, J.; y Kerry, J. (2007). *Food Sci. Technol.*

- Ward, G.; Nussinovitch, A. (1996). Gloss properties and surface morphology relationships of fruits. *Journal of Food Science*, 61, 973-977.
- Whiley, A., B. Schaffer y B. Wolstenholme. 2007. *El Palto, Botánica, Producción y Usos*. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. 364 p.
- Wills, R.; Lee, T.; McGlasson, W.; Hall, E. y Graham, D. (1998). *Fisiología y Manipulación de frutas y hortalizas Post recolección*. Segunda edición. Editorial Acribia. España.
- Wu, Y.; Weller, C.; Hamouz, F.; Cuppet, S.; Schnepf, M. (2002). Development and applications of multicomponent edible coatings and films: A review. *Advances in Food and Nutrition Research*, 44, 347-394.
- Zambrano, J. (2006) Avances en el estudio de algunos Aspectos Bioquímicos de la maduración de los frutos. *Jornada sobre Manejo Post cosecha de frutas*. Sociedad Venezolana para la Fruticultura. Venezuela.
- Zea, W. F. (2002). *Diseños Experimentales Aplicadas a las Ingenierías de Procesos*. Edit. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. p. 40.

ANEXOS

ANEXO 1

ANEXO 2

CONDICIONES EXPERIMENTALES PARA LA EXTRACCIÓN DE MUCÍLAGO DE CHÍA

Cuadro 5.1: Condiciones experimentales para las variantes de la extracción de mucílago de chía

Método	Variantes de solubilidad	Tiempo (minutos)	Velocidad (rpm)	Frecuencia (KHz)	Variables de filtración (MPa)	Rendimiento de mucilago deshidratado (%)
1	Agitación manual	60	----	----	Presión manual	0,96
2	Agitación mecánica	70	600	----	1,38	7,78
3	Ultrasonido	120	----	40	1,38	10,79
4	Agitación y ultrasonido	120	600	40	2,07	15,10
5	Agitación manual	30	----	----	0,06	3,00

Los métodos de extracción 1, 2, 3 y 4 son descritos en la patente Proceso de obtención del mucílago de salvia hispánica 1. WO 2008044908 A2.

El método 5 es una modificación de método de extracción de Gowda (1984) modificada y adaptada a las condiciones del laboratorio, con la que se realizó el presente trabajo obteniéndose un rendimiento de 3 % de mucílago deshidratado.

ANEXO 3

CARACTERIZACIÓN DE LAS FORMULACIONES FORMADORAS DE RECUBRIMIENTO (FFRs)

Cuadro 5.2: Viscosidad y pH de las formulaciones formadoras de recubrimiento

FFRs	MG (%)	EC (%)	Viscosidad (cP)	pH
FFR-01	1,01	0,20	19051	5,75
FFR-02	2,49	0,20	79210	5,85
FFR-03	1,01	0,80	19406	6,31
FFR-04	2,49	0,80	159343	6,65
FFR-05	0,70	0,50	3877	6,61
FFR-06	2,80	0,50	94183	6,32
FFR-07	1,75	0,08	19797	6,50
FFR-08	1,75	0,92	32858	6,21
FFR-09	1,75	0,50	19176	6,17
FFR-10	1,75	0,50	19828	6,16
FFR-11	1,75	0,50	19623	6,14
FFR-12	1,75	0,50	19910	6,15
FFR-13	1,75	0,50	19588	6,13

ANEXO 4

RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LA SOLUBILIDAD DE LAS PELÍCULAS

**Cuadro 5.3: Resultados de la evaluación de la solubilidad de las películas
(pérdida de peso %)**

Tratamiento	FFRs ¹		PELÍCULA ²		Solubilidad de las películas (pérdida de peso %)		
	MG (%)	EC (%)	MG (%)	EC (%)			
PEL-01	1,01	0,20	83,47	16,53	50,06	49,98	51,01
PEL-02	2,49	0,20	92,57	7,43	50,94	50,99	51,25
PEL-03	1,01	0,80	55,80	44,20	41,86	41,83	42,23
PEL-04	2,49	0,80	75,68	24,32	47,42	47,40	48,23
PEL-05	0,70	0,50	58,45	41,55	43,09	42,89	43,20
PEL-06	2,80	0,50	84,83	15,17	50,96	50,23	50,19
PEL-07	1,75	0,08	95,85	4,15	53,82	53,79	54,15
PEL-08	1,75	0,92	65,44	34,56	45,79	45,76	46,18
PEL-09	1,75	0,50	77,78	22,22	49,56	49,51	50,01
PEL-10	1,75	0,50	77,78	22,22	47,41	47,44	46,98
PEL-11	1,75	0,50	77,78	22,22	47,43	47,39	47,55
PEL-12	1,75	0,50	77,78	22,22	47,41	47,43	47,26
PEL-13	1,75	0,50	77,78	22,22	47,42	47,40	48,06

- (1) Concentración de mucilago de chíá-glicerol y emulsión de cera de abeja-ácido oleico en las formulaciones formadores de recubrimiento.
- (2) Concentración de mucilago de chíá-glicerol y emulsión de cera de abeja-ácido oleico en las películas obtenidas.

ANEXO 5

RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LA LUMINOSIDAD (L), CROMA (C*) Y TONO (h*) DE LAS PELÍCULAS

Cuadro 5.4: Resultados de la evaluación de la luminosidad (L*), croma (c*) y tono (h*) de las películas

Tratamiento	FFRs ¹		PELÍCULA ²		Coordenadas cromáticas de las películas		
	MG (%)	EC (%)	MG (%)	EC (%)	L*	c*	h
PEL-01	1,01	0,20	83,47	16,53	427,72	5,06	221,48
					423,00	4,21	122,05
PEL-02	2,49	0,20	92,57	7,43	393,46	14,64	105,74
					412,07	13,73	109,33
PEL-03	1,01	0,80	55,80	44,20	414,02	8,99	119,48
					420,22	10,29	115,92
PEL-04	2,49	0,80	75,68	24,32	412,35	20,39	105,21
					81,16	5,79	112,77
PEL-05	0,70	0,50	58,45	41,55	415,56	4,08	223,32
					400,27	5,31	220,15
PEL-06	2,80	0,50	84,83	15,17	402,55	24,41	102,02
					402,54	22,33	98,74
PEL-07	1,75	0,08	95,85	4,15	390,65	5,97	133,29
					87,52	2,76	148,44
PEL-08	1,75	0,92	65,44	34,56	84,17	6,18	107,03
					73,99	7,94	103,38
PEL-09	1,75	0,50	77,78	22,22	407,91	17,21	97,28
					414,73	10,94	113,20
PEL-10	1,75	0,50	77,79	22,23	414,06	11,29	112,59
					409,27	16,81	97,98
PEL-11	1,75	0,50	77,80	22,24	410,33	15,40	99,21
					413,96	10,72	112,92
PEL-12	1,75	0,50	77,81	22,25	408,08	17,57	96,78
					412,31	16,72	99,36
PEL-13	1,75	0,50	77,82	22,26	413,93	10,67	113,65
					408,04	17,11	98,33


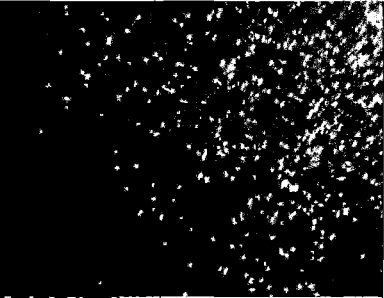

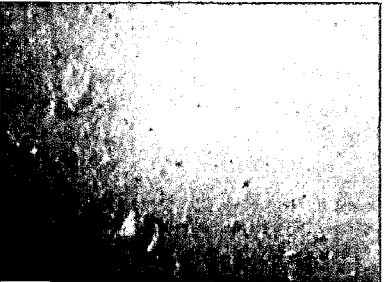
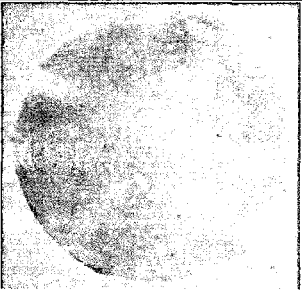
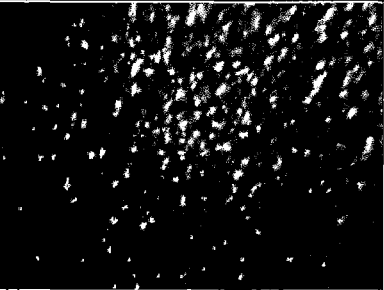
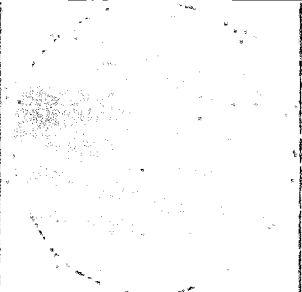
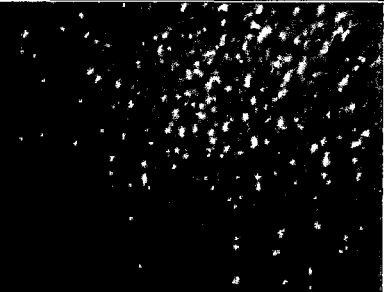
(1) Concentración de mucilago de chíá-glicerol y emulsión de cera de abeja-ácido oleico en las formulaciones formadores de recubrimiento.

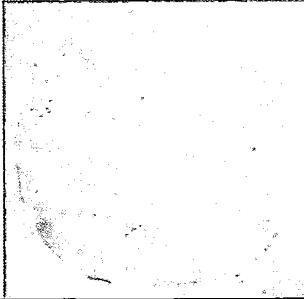
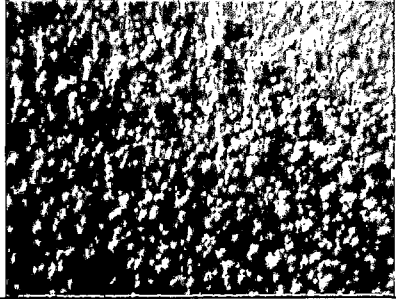



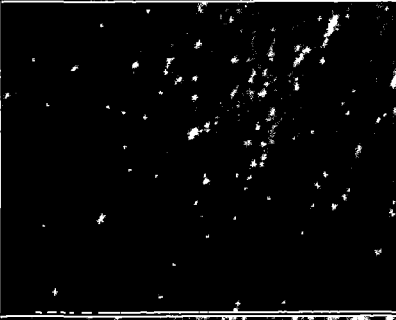
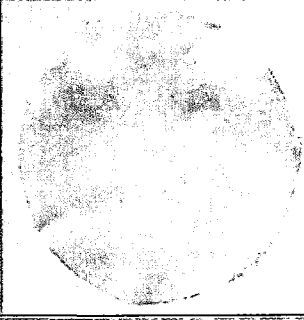
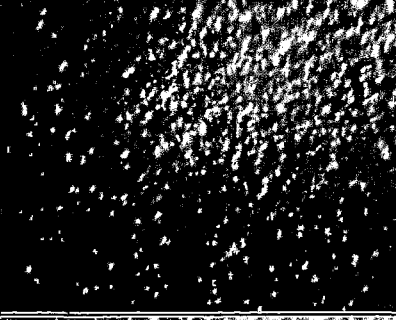

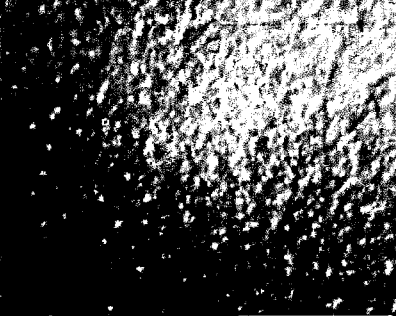
(2) Concentración de mucilago de chíá-glicerol y emulsión de cera de abeja-ácido oleico en las películas obtenidas.

ANEXO 6

VISTAS DE LAS PELÍCULAS

Cuadro 5.5: Vista fotográfica y vista stereomicroscopica (0,5x2,0x0,8) de las películas

Tratamientos	Vista fotográfica	Vista stereomicroscopica (0,5x2,0x0,8)
PEL-01		
PEL-02		
PEL-03		
PEL-04		

PEL-05		
PEL-06		
PEL-07		
PEL-08		
PEL-09		

ANEXO 7

CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES

Cuadro 5.6: Características de las muestras de palta variedad Hass

Unidad experimental	Diámetro ecuatorial	Diámetro polar	Peso
1	5,88	8,25	162,07
2	6,17	8,68	164,77
3	5,85	7,58	134,73
4	5,86	8,72	177,53
5	5,26	6,60	102,47
6	5,45	7,10	119,81
7	6,05	9,06	192,39
8	5,82	8,14	157,61
9	5,32	7,88	143,28
10	5,61	7,41	145,12
11	5,54	7,20	120,32
12	5,62	6,88	114,10
13	5,84	7,33	136,88
14	6,13	7,92	163,32
15	6,00	7,91	150,87
16	8,40	8,39	145,98
17	5,65	7,61	137,60
18	5,86	7,79	157,44
19	6,00	8,69	167,02
20	6,00	8,04	149,72
21	5,79	7,85	117,43
22	6,20	8,15	170,98
23	5,65	6,99	117,94
24	5,48	7,19	116,42
25	6,07	8,05	145,61
26	5,73	7,91	143,91
27	5,64	7,61	138,63
28	5,85	7,16	140,56
29	5,73	7,42	136,38
30	5,29	7,25	140,78
31	6,23	8,00	166,21
32	6,10	9,25	182,42
33	6,00	7,98	150,93
34	5,94	7,28	128,02
35	5,61	7,78	131,49
36	5,60	8,16	139,69

37	5,63	7,56	135,18
38	5,84	8,21	156,50
39	5,00	6,50	105,52
40	5,47	8,08	133,91
41	5,74	7,54	145,11
42	5,30	7,43	102,47
43	5,70	7,08	133,56
44	5,65	7,44	143,37
45	5,06	6,80	104,03
46	5,55	7,28	127,92
47	6,05	8,50	179,93
48	5,40	8,11	145,00
49	5,32	7,22	122,44
50	5,50	7,60	141,68
51	6,10	8,00	169,41
52	5,25	7,85	155,64
53	5,57	8,00	152,27
54	5,28	7,22	120,51
55	5,27	7,81	128,87
56	5,77	7,53	147,55
57	5,53	7,63	136,90
58	5,38	7,85	134,38
59	6,28	8,43	203,56
60	5,87	8,40	170,26
61	5,84	7,70	153,80
62	6,27	9,43	205,48
63	6,00	8,25	173,02
64	6,09	7,36	160,21
65	5,40	6,75	118,00
66	5,62	7,00	140,08
67	5,23	6,97	117,85
68	5,65	8,24	152,12
69	5,57	7,23	130,38
70	5,40	8,10	153,76
71	5,60	7,36	135,03
72	5,70	7,17	140,11
73	5,88	8,26	169,72
74	5,24	7,18	121,10
75	5,08	7,48	116,32
76	6,00	8,28	186,67
77	5,75	7,20	153,11
78	5,28	7,50	128,60
79	5,45	7,66	144,34
80	5,51	8,50	153,34

81	5,53	8,00	144,09
82	6,35	8,04	180,80
83	5,20	7,10	113,97
84	5,60	7,60	149,65
85	5,86	7,34	159,22
86	5,80	8,20	176,23
87	5,37	7,35	135,39
88	5,89	9,22	200,36
89	5,77	7,47	157,73
90	5,75	8,63	176,01
91	5,45	7,29	139,61
92	5,50	7,50	157,01
93	6,07	7,78	181,13
94	5,50	7,78	147,38
95	5,50	7,36	130,36
96	5,29	7,14	126,46

ANEXO 8

RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL EFECTO DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN LA PÉRDIDA DE PESO DE LAS PALTA VARIEDAD HASS

Cuadro 5.7: Resultados de la evaluación de la pérdida de peso (%) de las palta con recubrimiento y muestras control

Tratamiento	Días	Pérdida de peso (%)		
RC-01	4	1,63	1,56	1,79
RC-01	7	4,04	4,11	3,57
RC-01	10	7,37	5,72	6,54
RC-01	13	7,72	8,72	9,80
RC-01	16	10,64	12,22	10,73
RC-01	19	12,94	14,63	13,65
RC-01	22	15,25	15,32	15,28
RC-01	36	30,98	29,99	30,73
RC-05	4	1,52	1,77	1,91
RC-05	7	4,19	4,62	3,94
RC-05	10	7,05	6,23	6,82
RC-05	13	8,09	9,23	8,07
RC-05	16	10,71	11,19	10,89
RC-05	19	12,82	13,28	12,91
RC-05	22	14,97	14,86	14,94
RC-05	36	26,98	27,57	27,43
RC-09	4	1,95	1,99	1,78
RC-09	7	4,45	4,03	4,55
RC-09	10	6,44	6,89	7,04
RC-09	13	8,19	9,51	7,66
RC-09	16	12,33	11,13	10,35
RC-09	19	16,32	17,00	11,15
RC-09	22	17,27	18,18	14,36
RC-09	36	35,32	34,40	34,83
CTRL	4	2,85	2,70	3,62
CTRL	7	5,20	5,44	5,92
CTRL	10	8,82	7,53	7,78
CTRL	13	10,51	9,26	9,28
CTRL	16	15,37	15,22	13,35
CTRL	19	17,32	19,94	15,09
CTRL	22	20,37	24,89	22,90
CTRL	36	81,06	80,57	81,59

ANEXO 9

RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL EFECTO DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN LA TEXTURA (mm) DE LAS PALTA VARIEDAD HASS

Cuadro 5.8: Resultados de la evaluación de la Textura (mm)

Tratamiento	Días	Textura (mm)		
RC-01	4	18	17	17
RC-01	7	15	16	17
RC-01	10	20	17	18
RC-01	13	20	22	19
RC-01	16	23	20	22
RC-01	19	18	30	20
RC-01	22	26	26	36
RC-01	36	144	101	87
RC-05	4	19	18	19
RC-05	7	18	18	20
RC-05	10	20	24	19
RC-05	13	23	25	19
RC-05	16	26	25	22
RC-05	19	25	24	32
RC-05	22	29	165	211
RC-05	36	154	137	142
RC-09	4	17	18	21
RC-09	7	20	21	22
RC-09	10	20	23	19
RC-09	13	22	24	19
RC-09	16	26	23	24
RC-09	19	22	26	27
RC-09	22	31	25	31
RC-09	36	147	203	154
CTRL	4	21	18	16
CTRL	7	34	56	86
CTRL	10	68	86	95
CTRL	13	156	132	142
CTRL	16	180	165	134
CTRL	19	277	268	279
CTRL	22	287	385	385
CTRL	36	22	95	12

ANEXO 10

RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL EFECTO DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN EL CONTENIDO DE ACEITE (%) DE LAS PALTA VARIEDAD HASS

Cuadro 5.9: Resultados de la evaluación de contenido de aceite (%)

Tratamiento	Días	Contenido de aceite (%)		
RC-01	4	30,16	29,96	30,05
RC-01	7	30,94	31,24	31,07
RC-01	10	32,95	33,15	32,89
RC-01	13	35,95	36,05	35,90
RC-01	16	36,32	36,16	36,45
RC-01	19	36,84	36,96	36,59
RC-01	22	37,06	36,94	37,28
RC-01	36	41,75	41,59	41,98
RC-05	4	30,65	30,58	31,02
RC-05	7	32,92	32,59	33,14
RC-05	10	34,27	34,08	34,19
RC-05	13	34,50	34,68	34,45
RC-05	16	36,94	36,87	36,24
RC-05	19	38,89	38,46	39,06
RC-05	22	39,52	39,68	39,45
RC-05	36	43,40	43,59	43,16
RC-09	4	27,94	27,59	28,06
RC-09	7	28,93	29,14	28,89
RC-09	10	30,10	30,25	29,97
RC-09	13	31,12	31,26	30,96
RC-09	16	32,33	32,59	32,19
RC-09	19	33,28	33,54	33,21
RC-09	22	34,89	35,07	34,79
RC-09	36	36,29	36,89	36,12
CTRL	4	25,82	25,68	26,04
CTRL	7	28,96	29,16	28,87
CTRL	10	32,05	32,11	31,98
CTRL	13	33,60	33,49	33,85
CTRL	16	35,12	35,56	35,07
CTRL	19	38,84	39,07	29,76
CTRL	22	40,07	40,16	39,95
CTRL	36	43,59	43,53	43,19

ANEXO 11

RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LA LUMINOSIDAD (L*), CROMA (C*) Y TONO (h*) DE LA PULPA DE LAS PALTAS CON RECUBRIMIENTO Y MUESTRAS CONTROL

Cuadro 5.10: Resultados de la evaluación de la luminosidad (L*) de la pulpa de las paltas

Tratamiento	Días	L*		
RC-01	4	37,06	36,12	38,24
RC-01	7	63,80	63,98	64,08
RC-01	10	63,86	63,19	64,07
RC-01	13	62,67	62,89	63,16
RC-01	16	64,84	65,53	63,68
RC-01	19	55,42	57,98	56,47
RC-01	22	67,50	66,24	68,18
RC-05	4	46,91	47,16	45,26
RC-05	7	64,86	65,47	63,91
RC-05	10	71,42	70,12	71,98
RC-05	13	61,86	60,98	61,53
RC-05	16	62,68	63,07	61,86
RC-05	19	63,70	62,91	63,12
RC-05	22	62,71	63,46	62,82
RC-09	4	44,30	45,15	42,83
RC-09	7	67,38	68,18	66,94
RC-09	10	65,28	66,84	65,34
RC-09	13	63,26	64,58	63,06
RC-09	16	59,54	58,94	59,87
RC-09	19	61,51	62,46	61,82
RC-09	22	71,81	72,58	71,65
CTRL	4	35,01	35,34	36,17
CTRL	7	58,78	59,24	60,21
CTRL	10	70,60	69,19	71,32
CTRL	13	65,46	64,07	66,09
CTRL	16	64,16	64,34	63,10
CTRL	19	64,37	65,94	64,26
CTRL	22	71,09	72,06	70,94

Cuadro 5.11: Resultados de la evaluación de la croma (C*) de la pulpa de las paltas

Tratamiento	Días	C*		
RC-01	4	27,05	26,93	25,94
RC-01	7	36,26	37,26	38,13
RC-01	10	38,14	37,78	36,86
RC-01	13	37,36	38,29	39,46
RC-01	16	38,96	39,25	39,87
RC-01	19	41,68	40,26	41,76
RC-01	22	39,47	38,07	38,28
RC-05	4	27,75	26,75	25,86
RC-05	7	35,84	36,16	37,14
RC-05	10	40,92	41,93	42,17
RC-05	13	36,13	35,20	34,85
RC-05	16	34,96	35,34	36,61
RC-05	19	34,89	34,40	35,81
RC-05	22	39,16	38,02	38,54
RC-09	4	17,24	16,43	16,75
RC-09	7	40,58	41,32	41,27
RC-09	10	41,96	41,61	40,90
RC-09	13	32,97	33,31	33,54
RC-09	16	33,84	33,62	34,04
RC-09	19	34,67	34,21	35,14
RC-09	22	36,47	35,80	37,10
CTRL	4	28,48	28,38	29,46
CTRL	7	36,45	37,84	37,94
CTRL	10	37,21	37,45	37,73
CTRL	13	37,05	37,39	37,67
CTRL	16	37,65	37,85	37,98
CTRL	19	37,82	37,90	37,99
CTRL	22	35,46	35,01	35,18




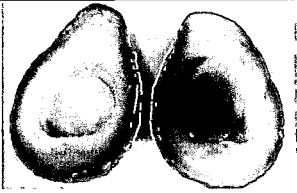

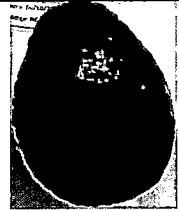



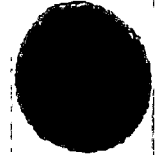





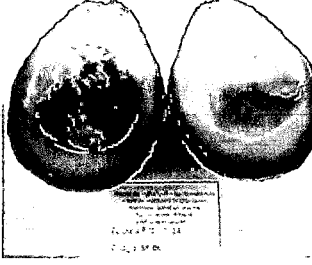
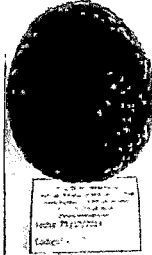

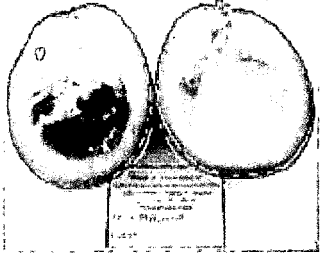
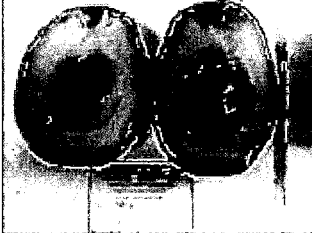
Cuadro 5.12: Resultados de la evaluación del tono (h*) de la pulpa de las paltas

Tratamiento	Días	h*		
RC-01	4	95,04	94,56	94,32
RC-01	7	91,24	92,45	92,06
RC-01	10	90,12	90,37	90,20
RC-01	13	90,07	90,32	90,16
RC-01	16	90,07	91,02	90,55
RC-01	19	90,16	91,12	90,59
RC-01	22	92,13	91,46	91,41
RC-05	4	95,03	94,14	94,41
RC-05	7	91,16	92,02	91,46
RC-05	10	93,10	92,96	93,03
RC-05	13	93,86	93,46	93,65
RC-05	16	92,97	93,89	93,57
RC-05	19	92,96	93,88	93,41
RC-05	22	91,53	90,94	91,10
RC-09	4	97,16	97,67	97,43
RC-09	7	93,49	94,01	93,87
RC-09	10	93,04	92,11	92,59
RC-09	13	93,01	91,98	92,48
RC-09	16	92,57	92,10	92,36
RC-09	19	92,11	92,38	92,17
RC-09	22	91,15	91,76	91,25
CTRL	4	98,03	97,48	97,89
CTRL	7	94,96	95,10	94,94
CTRL	10	94,87	94,67	94,76
CTRL	13	94,78	94,34	94,51
CTRL	16	93,89	93,44	93,62
CTRL	19	92,97	93,88	93,45
CTRL	22	94,92	93,12	94,09

ANEXO 12

MADURACIÓN DE LAS PALTAS CON RECUBRIMIENTO Y MUESTRAS

CONTROL

Días	Tratamiento	Control	Tratamiento	Control
Día 1				
Día 4				
Día 13	 <small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Laboratorio de Alimentos y Nutrición Caracas, Venezuela Fecha: 12/02/2014 Código: 58-05</small>	 <small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Laboratorio de Alimentos y Nutrición Caracas, Venezuela Fecha: 12/02/2014 Código: 58-05</small>	 <small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Laboratorio de Alimentos y Nutrición Caracas, Venezuela Fecha: 12/02/2014 Código: 58-05</small>	 <small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Laboratorio de Alimentos y Nutrición Caracas, Venezuela Fecha: 12/02/2014 Código: 58-05</small>
Día 16	 <small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Laboratorio de Alimentos y Nutrición Caracas, Venezuela Fecha: 12/02/2014 Código: 58-05</small>	 <small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Laboratorio de Alimentos y Nutrición Caracas, Venezuela Fecha: 12/02/2014 Código: 58-05</small>	 <small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Laboratorio de Alimentos y Nutrición Caracas, Venezuela Fecha: 12/02/2014 Código: 58-05</small>	 <small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Laboratorio de Alimentos y Nutrición Caracas, Venezuela Fecha: 12/02/2014 Código: 58-05</small>
Día 19	 <small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Laboratorio de Alimentos y Nutrición Caracas, Venezuela Fecha: 12/02/2014 Código: 58-05</small>	 <small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Laboratorio de Alimentos y Nutrición Caracas, Venezuela Fecha: 12/02/2014 Código: 58-05</small>	 <small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Laboratorio de Alimentos y Nutrición Caracas, Venezuela Fecha: 12/02/2014 Código: 58-05</small>	 <small>INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Laboratorio de Alimentos y Nutrición Caracas, Venezuela Fecha: 12/02/2014 Código: 58-05</small>

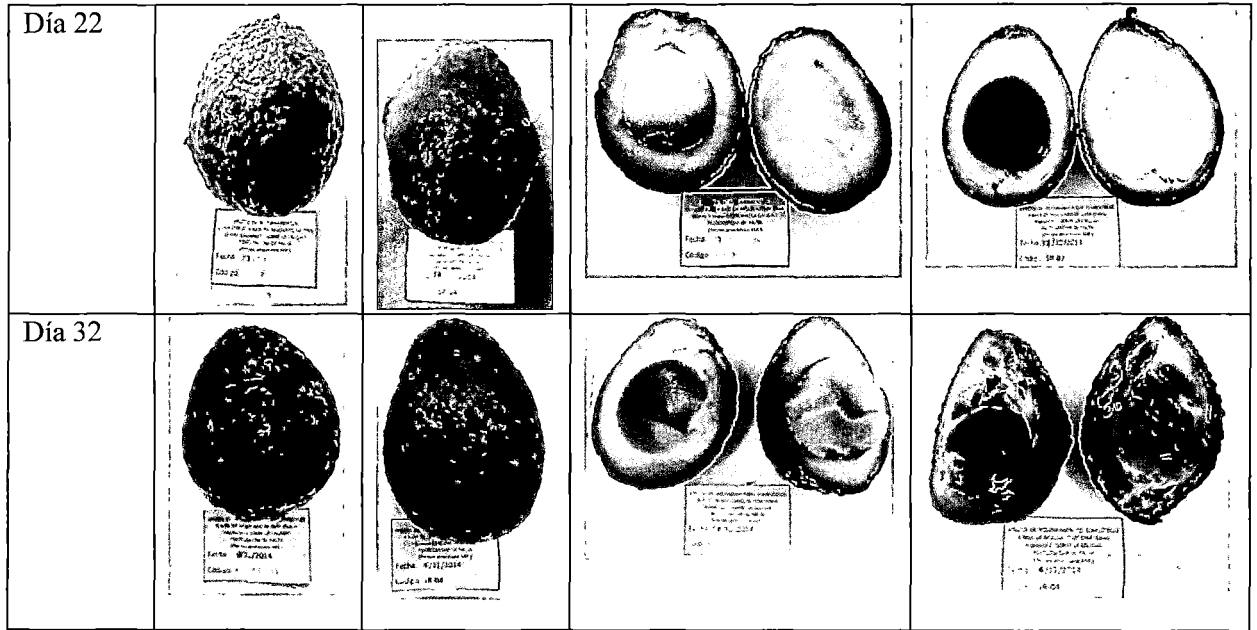


Figura 5.1: Proceso de maduración de las frutas de palta variedad Hass

ANEXO 13

RESUMEN FOTOGRÁFICO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

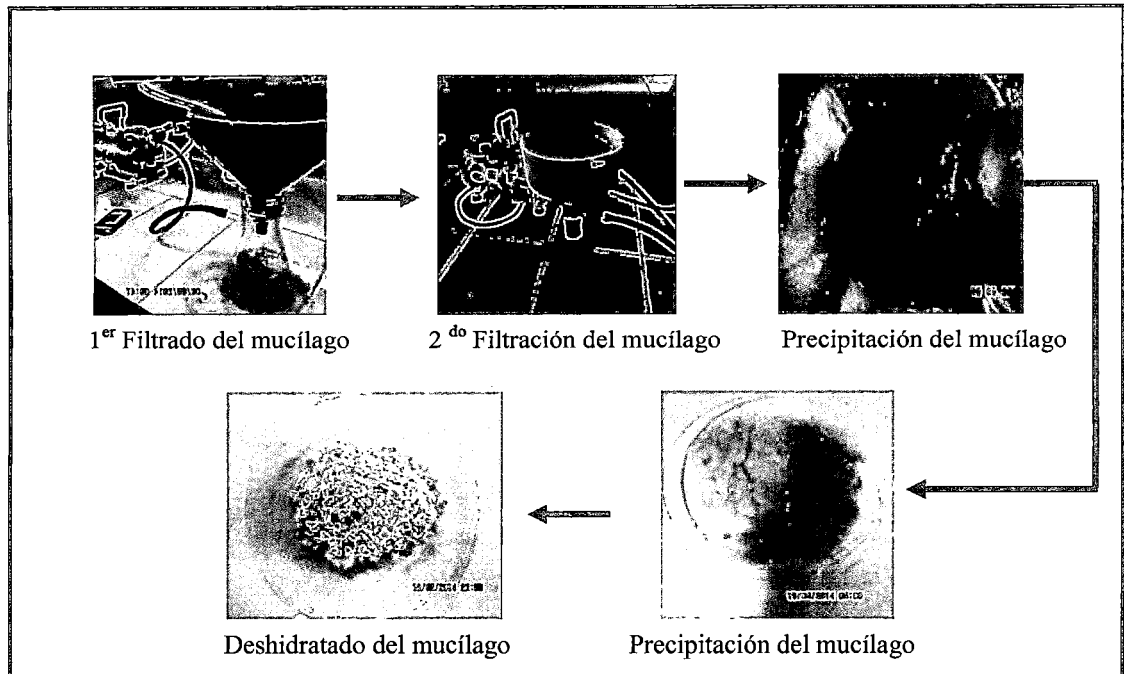


Figura 5.2: Extracción de mucílago de chíá

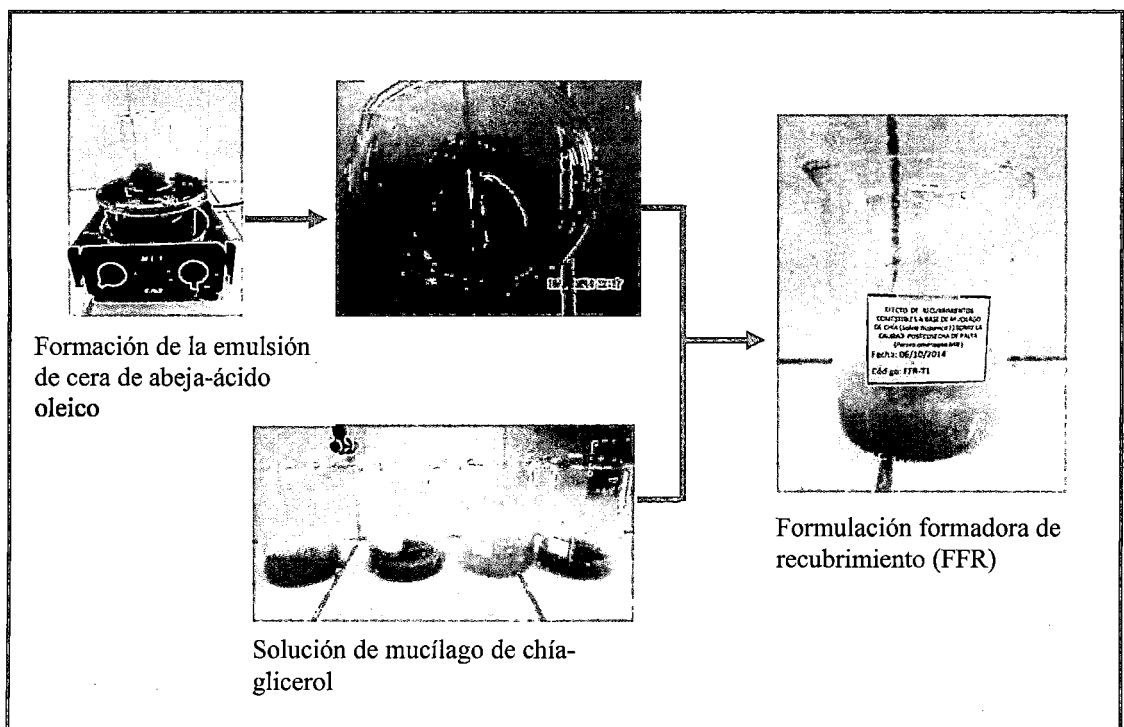


Figura 5.3: Elaboración de las formulaciones formadoras de recubrimiento

(FFRs)

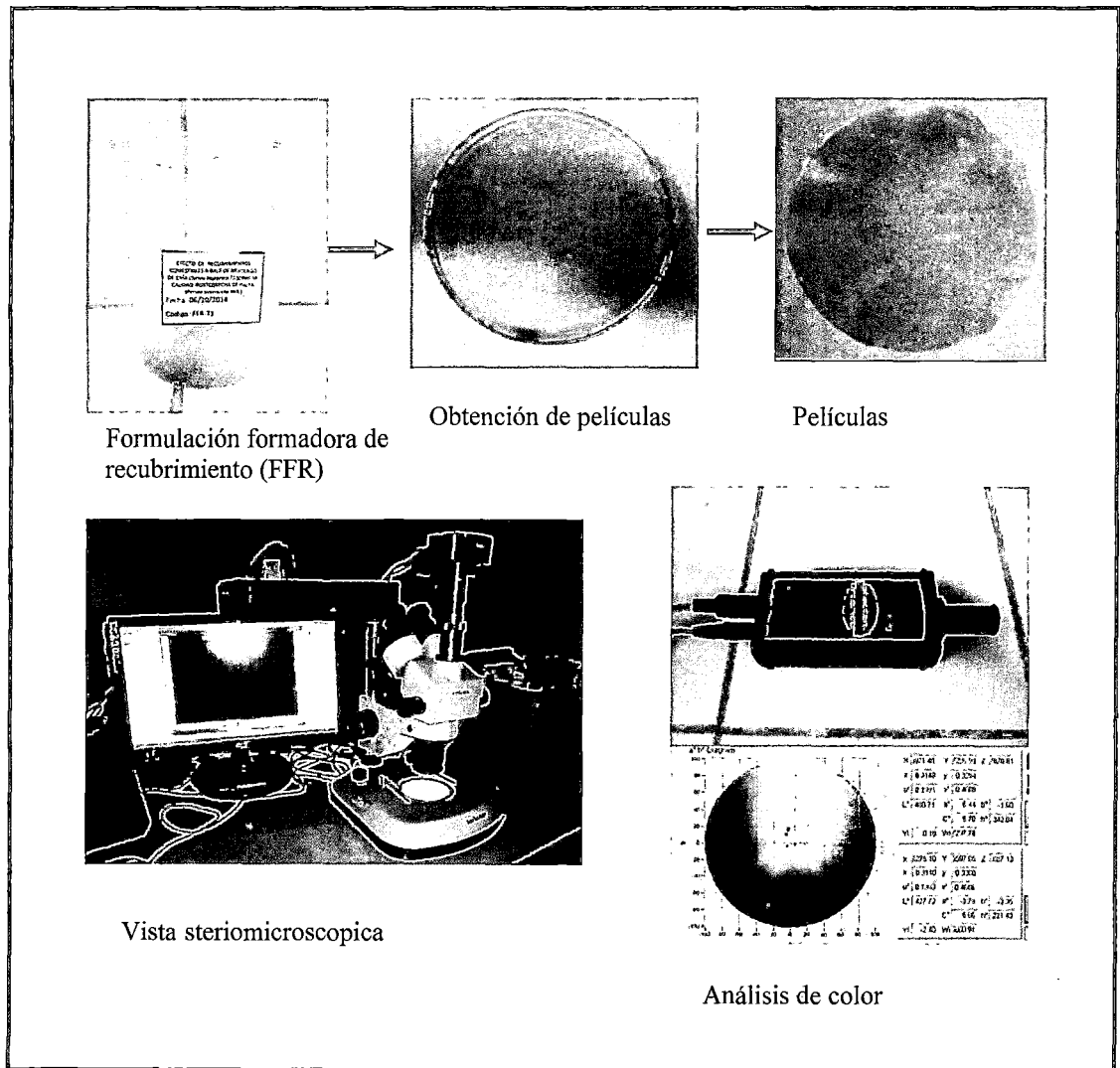


Figura 5.4: Caracterización de las películas

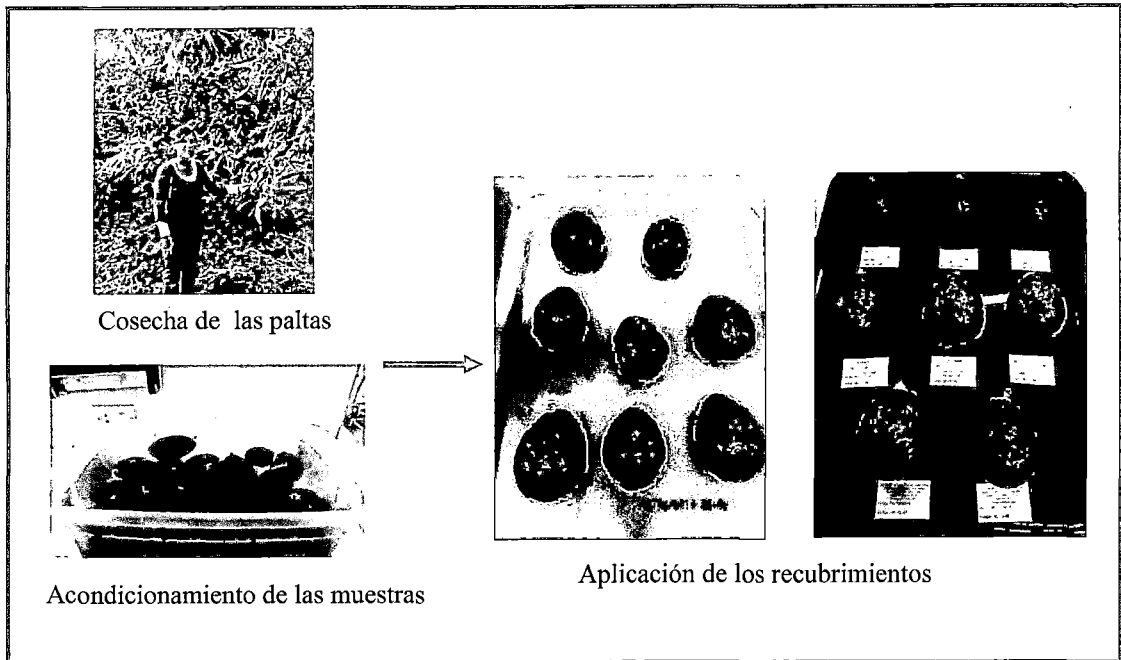


Figura 5.5: Aplicación de las cubiertas comestibles en frutos de palta variedad

Hass

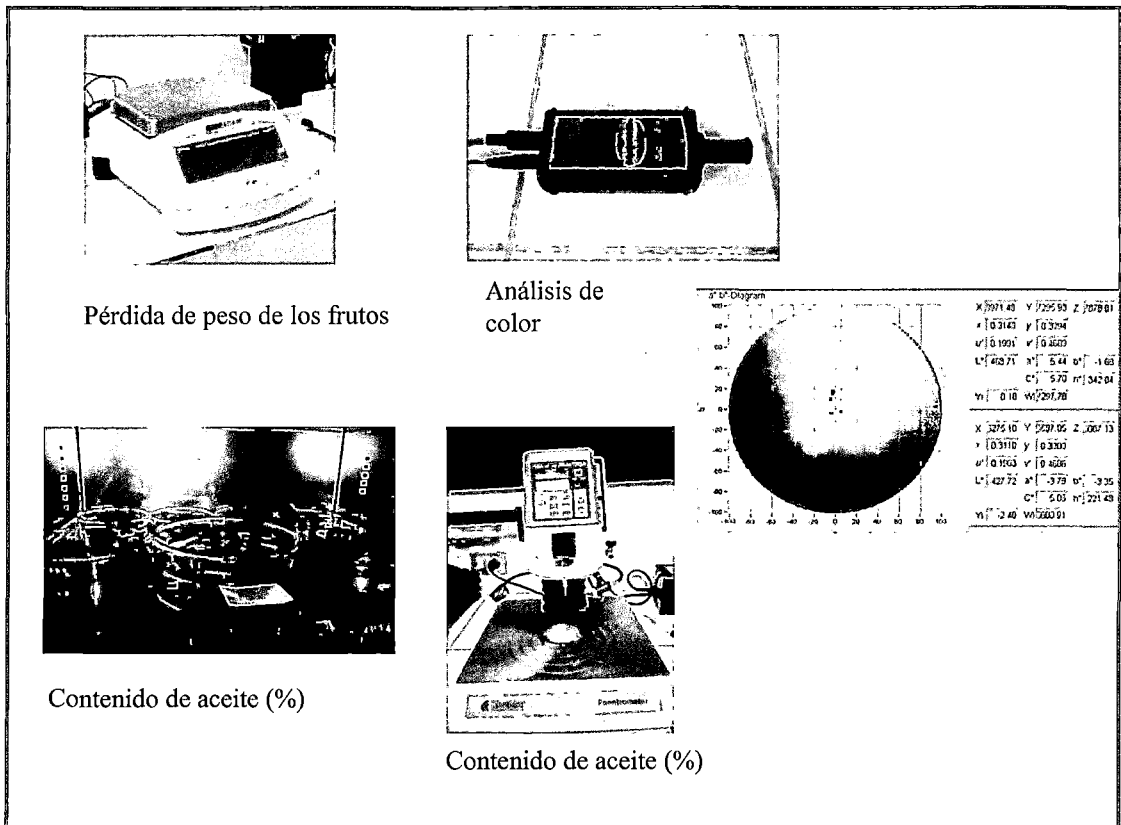


Figura 5.6: Mediciones de los efectos del recubrimiento en frutos de palta

variedad Has

