

**COMPORTAMIENTO DE UNA PELICULA COMESTIBLE DE MALTODEXTRINA EN
LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIALES
DE LOS GAJOS DEL POMELO (*Citrus pardisi*) EN VALLEDUPAR.**

OLGA ISABEL BENDECK MEDINA

VANESSA CAROLINA DAZA COLLAZOS

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICA

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

VALLEDUPAR/ CESAR

2018

**COMPORTAMIENTO DE UNA PELICULA COMESTIBLE DE MALTODEXTRINA EN
LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICA Y SENSORIALES
DE LOS GAJOS DEL POMELO (*Citrus pardisi*) EN VALLEDUPAR.**

**OLGA ISABEL BENDECK MEDINA
VANESSA CAROLINA DAZA COLLAZOS**

Trabajo de grado como requisito para optar el título de Ingeniería Agroindustrial

Director

Ing. ROSMIRO PEÑA

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICA
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
VALLEDUPAR/ CESAR**

2018

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Valledupar, 11 de febrero de 2019

DEDICATORIAS

A Dios por la vida, por su amor, su gracia e infinita misericordia.

A mi madre Sofia Esther Collazos Martínez por todo su amor, esfuerzo y apoyo incondicional. Por concederme la oportunidad de estudiar y prepararme. Por sus consejos; siempre me harán bien.

A mi padre Carlos Hugues Daza Peña

A mi hermana Isabella Andrea Daza Collazos por su apoyo y motivación

A mis tías Clara collazos, Blanca Collazos, Mariaantonia collazos, Lilia Peña, Clara Peña y mi tío Pedro Collazos

A toda mi familia que me apoyaron incondicionalmente y me motivaron para salir adelante. Dios les recompense

A mi tía Betsy Cecilia Navarro Peña por su apoyo incondicional y por siempre ser mi ejemplo a seguir.

A mi pareja Edinson Luis Crespo por su apoyo

A mi compañera Olga Isabel Bendeck Medina por su apoyo en el desarrollo del proyecto.

A mis amigos Fabio Herrera, Marcelo Valle, Jeison García, Carlos Osorio, Francisco Mendoza, Ronal Martínez, Leonardo Ramírez, Martin Rodríguez, Edwar Bernal, Paola Romero, por su constante apoyo y amistad.

Vanessa Carolina Daza Collazos

A Dios por la vida, por sus infinitas bendiciones

A mi esposo Edwar Chilito Macías y mi Hija Eiza Sofía Chilito

A mis padres Guadalupe Medina y Juan José Bendeck

A mis hermanos Juan José Bendeck, Diana Bornacelli, Julio Andrés Bendeck

A mis tías Mirna Medina, Marlene Medina, Judith Medina, Maritza Medina y mis primas

Katherin Brito, Lauris Medina, María Maestre y toda mi familia que me apoyo incondicionalmente

A mi compañera Vanessa Carolina Daza Collazos por su apoyo en desarrollo del proyecto

A mis amigos Sindy Calbo, Diana Grice, Madeley Cervantes, Carlos Osorio, Carlos Calderón, Jeison García, Francisco Mendoza, Fabio Herrera, Marcelo Valle, Ronal Martínez. Por su constante apoyo que DIOS los bendiga grandemente

Olga Isabel Bendeck Medina

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su respaldo y por permitirnos culminar esta tesis con éxito

A la Universidad Popular del Cesar, a la Facultad de Ingenierías y Tecnológicas y al Programa de Ingeniería Agroindustrial por su formación profesional.

Al profesor Marlon Bastidas por su apoyo incondicional en este proceso

Al Centro de Investigación para el Desarrollo de la Ingeniería y todo su personal asistente y en su momento Ronal Martínez por su ayuda y colaboración.

Finalmente, a los profesores, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que nos asesoraron en la elaboración de la tesis.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN.....	14
1. TÍTULO.....	16
2. INTRODUCCIÓN	17
3. JUSTIFICACIÓN	19
4. OBJETIVOS	22
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	22
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
5. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	23
5.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
5.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
6. MARCO TEORICO.....	25
6.1. ANTECEDENTES.....	25
6.2. MARCO REFERENCIAL.....	27
6.2.1. Origen del pomelo	27
6.2.2. Taxonomía y morfología.....	27
6.2.3. Importancia económica y distribución geográfica	27
6.2.4. Requerimientos edafoclimáticos.....	28
6.2.5. Definición recubrimiento comestible	28
6.2.6 Componentes del recubrimiento comestible.....	29
6.2.7. Importancia y funciones.....	30
6.2.8. Propiedades de los recubrimientos.....	31

6.2.9. Importancia de las propiedades químicas de los componentes de la formulación y técnica de preparación en la eficiencia funcional de películas y recubrimientos.....	35
6.2.9.1. Influencia de las propiedades químicas de los componentes	35
6.2.9.2. Procesos de preparación de películas y recubrimientos comestibles	38
7. MATERIALES Y MÉTODOS	40
7.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	40
7.2. POBLACION	40
7.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	40
7.3.1. Diseño del tratamiento.....	40
7.3.2. Diseño del experimento.....	41
7.3.3 Modelo Estadístico Asociado al Diseño.....	42
7.4. PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS GAJOS DE POMELO (<i>Citrus pardisi</i>) RECIUBIERTOS.....	42
7.4.1 Obtención de la muestra	45
7.4.2. Formulación del recubrimiento comestible	45
7.4.3. Análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales	46
7.4.4. Análisis sensorial.....	47
7.4.5. Análisis microbiológicos	48
7.5 . Análisis estadístico	49
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
8.1. ANÁLISIS DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LOS GAJOS DE POMELO RECUBIERTO	50
8.1.1. pH	50
8.1.2. Sólidos solubles totales	51
8.1.3. Acidez.....	51

8.1.4. Pérdida de peso y firmeza	52
8.2. ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS GAJOS DE POMELO RECUBIERTO Y CONTROL	53
8.2.1. Olor	53
8.2.2. Sabor	54
8.2.3. Textura.....	54
8.2.4. Aceptación general	54
8.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.....	54
8.4. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LOS GAJOS DE POMELO (<i>CITRUS PARDIS</i>).....	57
9. CONCLUSIONES.....	58
10. RECOMEDACIONES	59
11. BIBLIOGRAFIA.....	60
12. ANEXOS.....	68

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Diseño experimental	41
Tabla 2. Escala de valores para la aceptación o rechazo del producto	48
Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas de los gajos de pomelo recubierto	50
Tabla 4. Características organolépticas de los gajos de pomelo recubierto	53
Tabla 5. Recuento microbiológico de aerobios mesófilos y mohos y levaduras de los gajos de pomelo recubierto	55

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Flujograma del proceso	44

ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Análisis estadístico del pH	68
Anexo 2. Análisis estadístico de los sólidos solubles (°Brix)	69
Anexo 3. Análisis estadístico de la acidez	70
Anexo 4. Análisis estadístico de la pérdida de peso	71
Anexo 5. Análisis estadístico de la firmeza	72
Anexo 6. Análisis estadístico del olor	73
Anexo 7. Análisis estadístico del sabor	74
Anexo 8. Análisis estadístico de la textura	75
Anexo 9. Análisis estadístico de la aceptación general	76
Anexo 10. Análisis microbiológicos de los gajos de pomelo	77
Anexo 11. Evidencias fotográficas del proyecto	78

RESUMEN

Los cambios en el estilo de vida en los países industrializados han impulsado la aparición de nuevas tendencias en el consumo de alimentos. En la actualidad existe un gran interés por los productos frescos y “naturales”, es decir, con un contenido menor de aditivos o libres de ellos y que conservan sus propiedades nutritivas y organolépticas tras el procesado. En Colombia la tecnología agroindustrial de frutas y hortalizas mínimamente procesada o IV Gama como se denomina en España aún se encuentra en desarrollo, sin embargo, está creciendo la oferta y el consumo de hortalizas con diversos grados de procesamiento. La fruta cortada es muy perecedera debido a que pierde la protección del pericarpio siendo modificada sus propiedades fisicoquímicas por los trastornos metabólicos que se producen por el corte. Por esta razón, se hace necesario la aplicación de recubrimientos comestibles que preserven las características fisicoquímicas, nutricionales y organolépticas de las frutas como es el caso del pomelo para alargar su vida útil. Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de esta investigación fue determinar la forma de actuar de una película comestible de maltodextrina en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en los gajos del pomelo (*Citrus pardisi*). Para determinar el efecto del recubrimiento se usaron cuatro tratamientos: T₀ (control, sin recubrimiento), T₁ (0,03% Maltodextrina), T₂ (0,09%) y T₃ (0,15%), evaluar las características fisicoquímicas se determinó el pH, acidez, °Brix, pérdida de peso y firmeza; y el análisis microbiológico fue realizado mediante recuentos de aerobios mesófilos y mohos y levaduras; y de igual forma, se efectuó análisis sensorial se realizó un test hedónico de 5 puntos donde se evaluó olor, sabor, textura y aceptación general. Las características fisicoquímicas y sensoriales fueron analizadas mediante un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias mediante la prueba de Tukey a un nivel de confianza del 95%. La aplicación del recubrimiento de maltodextrina no influyó de manera significativa ($p \geq 0,05$) en las características fisicoquímicas y organolépticas del pomelo fresco. Con respecto al análisis microbiológico, se pudo observar que el recubrimiento redujo la carga microbiana de los pomelos frescos, debido a que el recubrimiento crea una barrera

física entre el medio externo y la fruta, produciéndose así una atmosfera interna pobre en oxígeno. En conclusión, durante los días de almacenamiento de los gajos de pomelo recubiertos, éstos preservaron sus características fisicoquímicas, organolépticas e inhibieron el crecimiento de microorganismos, por lo que se considera que el recubrimiento es una alternativa en la conservación poscosecha de gajos de pomelo para aumentar su vida útil.

Palabras claves: pomelo, maltodextrina, recubrimiento comestible, vida útil

1. TÍTULO

COMPORTAMIENTO DE UNA PELICULA COMESTIBLE DE MALTODEXTRINA EN LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS Y SENSORIALES DE LOS GAJOS DEL POMELO (*Citrus pardisi*) EN VALLEDUPAR.

2. INTRODUCCIÓN

El origen del pomelo es incierto, aunque numerosas investigaciones señalan que se trata de un cruce natural de naranja dulce (*Citrus sinensis*) y pomelo (*Citrus grandis*), que se produjo en Barbados (India occidental) a principio del siglo XIII. La fruta era popularmente conocida como el “fruto prohibido” siendo un conde francés que lo trasladó desde las Bahamas hasta Florida donde alcanzó su máximo desarrollo. El pomelo es una especie que se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales siendo uno de los cítricos más sensibles al frío. Los cítricos pertenecen a la clase angiospermas a la subclase dicotiledóneas a la orden rutae a la familia rutaceae y al género citrus y cuenta con más de 145 especies entre las que se destacan naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*), limón (*Citrus limon*), lima (*Citrus aurantifolia*) y pomelo (*Citrus paradise*) (FAO, 2008).

En Colombia la tecnología agroindustrial de frutas y hortalizas mínimamente procesada o IV Gama como se denomina en España a un se encuentra en desarrollo sin embargo está creciendo la oferta y el consumo de hortalizas con diversos grados de procesamiento. La fruta cortada es muy perecedera debido a que pierde la protección del pericarpio siendo modificadas sus propiedades fisicoquímicas por los trastornos metabólicos que se producen por el corte (Tovar et al., 2001). Adicional a esto, este tipo de procedimiento genera oscurecimiento de la firmeza (Chiumarelli et al., 2011) por lo tanto, se necesitan métodos alternativos para la preservación de los atributos de calidad del pomelo en gajos para asegurar su manejo, distribución y ventas. Muchas de las investigaciones se han centrado en el uso de tratamientos pos cosecha para extender la vida útil de vegetales cortados, por ejemplo, la adición de antioxidantes (ácido ascórbico), agentes reafirmantes (derivados de calcio) y envasado en atmósfera modificadas con niveles reducidos de oxígeno (Kader., 2008).

También se han investigado diferentes tipos de tratamientos con recubrimiento comestible y la aplicación o no de calor, con el fin de mantener las propiedades de frutas frescas por más tiempo. (Chien et., al 2007, Chiumarelli, et al 2015, Sothornuit y

Rodsomram, 2008; Djiova et al., 2010). Los recubrimientos comestibles son una alternativa para preservar la frescura, la calidad de los productos mínimamente procesado y prolongar su vida útil (Chiumarelli y Hubringer 2012).

La aplicación de recubrimientos crea una barrera semipermeable a gases y al vapor de agua similar a una atmósfera modificada (Chiumarelli et al., 2011) lo que reduce la velocidad de respiración y la deshidratación de los productos recubiertos. Además, estos recubrimientos permiten la incorporación de aditivos alimenticios (agentes antimicrobianos, antioxidantes, sales minerales etc.) que permiten retardar el pardeamiento enzimático, la aparición de desorden fisiológico como el escaldado superficial, el crecimiento microbiano y la pérdida de textura (Gómez, 2011).

3. JUSTIFICACIÓN

Las frutas y hortalizas son tejidos vivos hasta el momento en que son consumidas, preparadas para el consumo o procesados para conservación. El controlar la respiración de estos tejidos vegetales mejorará el almacenamiento y alargará la vida de anaquel, aunque se requiere de un nivel de respiración para prevenir que el tejido vegetal muera. Los frutos y hortalizas frescas y mínimamente procesadas son tejidos cortados, que experimenta el ablandamiento y encafecimiento a la decoloración en la superficie, la intensidad de la respuesta a la herida se ve afectada por más factores que incluyen la especie, variedad concentración de oxígeno y dióxido de carbono, presión del vapor de agua y la presencia de inhibidores. (Fama et al; 20003; Ohlsson, 2003).

A pesar de las ventajas competitivas que ofrecen algunas regiones del país para el desarrollo cítricos la falta de escalas comerciales significativas la alta dispersión geográfica de la producción la falta gestión empresarial y de desarrollo tecnológico, hacen que la producción y comercialización de cítricos sean pocos competitivas en el mercado nacional e internacional. Igualmente, el país enfrenta problemas para incursionar en el mercado tanto interno como externo debido a inconveniente de empaques y presentaciones, así como barreras técnicas y sanitarias. (Espinal, G. C.F et al., 2010).

Colombia en producción mundial de cítricos figura en el puesto de 35, con una participación del 0.3 % pero con una tasa de crecimiento anual de 4% que muestra un desarrollo creciente en este renglón productivo. Los cítricos asociados participan con aproximadamente el 25,9% del área total sembrada en frutales (56.784 hectáreas). Santander, Cundinamarca, la zona cafetera central, Valle del cauca, Meta y Tolima representan el 64,5% del total producido en Colombia, con algunas variedades de toronja pomelo Rub y Red, Ruby Blus, Spark Ruby, Ica Hatico, Ica Manuelita. Del total de la producción de cítricos en el mundo el 16,5 % corresponde a limón y toronja – pomelo (Escobar et al., 2010).

Las frutas contienen nutrientes esenciales para el organismo, tiene un alto contenido de fibra, vitaminas, minerales, agua y sustancias antioxidantes; no contienen colesterol y aportan pocas calorías. En todas sus múltiples variedades, cocinadas o frescas enteras o en zumos, el consumo de frutas es vital para conseguir un estilo de vida saludable. Contribuyen especialmente en la salud de los sectores de la población más vulnerables tales como los ancianos y menores. Además, estos alimentos son vitales en la prevención de muchas y extendidas enfermedades crónicas tales como la obesidad (OMS 2013). El propósito de los recubrimientos comestibles radica en reducir las pérdidas de agua, retardar el envejecimiento, impartir brillo y conservar el color, permitiendo de esta manera una mejor calidad y precio de estos productos (Baldwin et al., 2012).

La importancia del uso de las películas comestibles o reaplicadas en alimentos y en especial en productos altamente perecederos como los pertenecientes a la cadena hortofrutícola, se basa en características como costo, disponibilidad atributos funcionales, propiedad mecánica (tensión y flexibilidad), propiedades ópticas (brillo y opacidad), su efecto barrera frente al flujo de gases, resistencia estructural al agua, a microorganismos y su aceptabilidad sensorial.(Guilber et al; 1996, Rojas-Grau et al., 2009).

El empleo y desarrollo de películas y recubrimientos comestibles en productos hortofrutícolas tanto fresca como mínimamente procesados ha generado últimamente avance en la vida de anaquel de dichos alimentos. El uso de hidrocoloides, plastificantes, aditivos, y atmosfera modificada que tienen la capacidad de controlar la transferencia de masa representadas en solutos, solventes, gases como oxígeno y dióxido de carbono e incluso migrar sustancias desde la matriz ubicada en la superficie del fruto, tener efecto positivo sobre el control de la tasa de crecimiento microbiano y mantiene características tan importantes y deseadas por los consumidores como firmeza, brillo, color de los frutos inclusive en alimentos procesados como productos fritos pueden llegar a minimizar la absorción de lípidos; por todo lo nombrado, su estudio y divulgación seguirá siendo un tópico de vital importancia en las tecnologías emergentes ya que son evidentes sus efectos benéficos sobre la minimización de

pérdidas poscosecha productos frescos y mínimamente procesados biofortificado y en otros frentes de la industria alimentaria.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Evaluar el comportamiento de una película comestible de maltodextrina en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales en los gajos de pomelo (*Citrus pardisi*).

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Obtener una película comestible usando diferentes concentraciones de maltodextrina
- ✓ Examinar y analizar los parámetros fisicoquímicos tales como pH, Brix, Acidez, merma y firmeza.
- ✓ Analizar microbiológica y sensorialmente los gajos de pomelo con recubrimiento y sin recubrimiento al final del almacenamiento en el tiempo que dure almacenado el producto.
- ✓ Establecer la vida de anaquel de los gajos de pomelo con recubrimiento comestible almacenados a temperatura de $12 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

5.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Tras la recolección de las frutas, al ser productos perecederos, sufren un proceso acelerado de envejecimiento y degradación, caracterizado por un empeoramiento del estado físico, (deshidratación, degeneración, cambio de color), unido a una pérdida de propiedades organolépticas y nutricionales, debido al metabolismo del propio organismo. Desde tiempos remotos se ha intentado retrasar estos efectos por medio del empleo de recubrimientos anti transparente pero solo fue hasta el comienzo del siglo XX cuando se obtuvo una tecnología de formulación y aplicación de ceras y otros recubrimientos adecuada para estos fines. Los cambios legislativos dados, siempre orientado a un aseguramiento cada vez mayor de la seguridad del consumidor, ha hecho que el formulador de estas películas se encuentre cada vez con mayores retos para conseguir los objetivos dentro del menor margen de maniobra las distintas legislaciones en cada país (FAO, 2003).

Las frutas y hortalizas frescas son productos perecederos por tener una tendencia inherente a deteriorarse por razones fisiológicas y por la invasión de plagas, infecciones y enfermedades. Las pérdidas poscosecha ocurren en cualquier etapa del mercadeo. En los países en desarrollo por tener diferencias en las estructuras de mercadeo, las pérdidas de poscosechas de productos frescos varían entre 25 a 50 % de la producción. Las mermas de esta magnitud representan una pérdida significativa de alimento y un considerable daño económico para los comerciantes y especialmente para los productores (FAO, 1989).

A pesar de las ventajas competitivas que ofrecen algunas regiones del país para el desarrollo cítrico la falta de escalas comerciales significativas, la alta dispersión geográfica de la producción, la falta gestión empresarial y de desarrollo tecnológico, hacen que la producción y comercialización de cítricos sean pocas competitivas en el mercado nacional e internacional. Igualmente, el país enfrenta problemas para incursionar en el mercado tanto interno como externo debido a inconveniente de

empaques y presentaciones, así como barreras técnicas y sanitarias (Aguilar et al., 2012).

Existen muchas causas que ocasionan las pérdidas poscosecha entre las cuales se pueden nombrar las biológicas y microbiológicas, ocasionadas por plagas y enfermedades; las químicas y bioquímicas ocasionada por contaminación con pesticidas y productos químicos oscurecimiento fenólico; toxinas y sabores desagradables producidos por enfermedades; las mecánicas identificadas por heridas, cortes, machucones, abrasiones, caídas, raspaduras y desgarres durante el corte debido a la exposición al medio ambiente físico dados por calentamiento y heladas, congelación, deshidratación; las fisiológicas dadas por, aparición de raíces, envejecimiento y cambios causados por la respiración y transpiración. Estas causas nombradas anteriormente son causas primarias; entre las otras causas nombradas como secundarias se tiene secado o curado inadecuados; infraestructura de almacenamiento; transporte inadecuado; planificación incompatible de la producción de la cosecha; sistema de mercado inadecuado y legislación inapropiada (FAO, 1989).

5.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta lo expuesto en los capítulos de justificación y planteamiento del problema de la presente investigación, se podría formular la siguiente pregunta:

¿Será posible conservar de forma adecuada y conveniente los gajos del pomelo (*Citrus pardisi*), utilizando una película comestible que contribuya a mantener la calidad de la fruta en cuanto a sus características fisicoquímicas, microbiológica y sensorial, y de la misma manera ayude a aumentar la vida de anaquel?

6. MARCO TEORICO

6.1. ANTECEDENTES

Fernández et al. (2015). Realizaron una revisión bibliográfica de la importancia de las películas de recubrimiento y de los productos sanos, nutritivos, naturales y beneficiarios para la salud en productos hortofrutícolas, como alternativa para cubrir estas necesidades y que tienen como objetivo extender la vida útil de los alimentos y poseer la posibilidad de mejorar a la seguridad del producto mediante la limitación de transferencia de humedad, oxígeno y compuestos responsables del sabor, color y aroma. Encontraron como importancia que el empleo de películas y recubrimiento comestible a base de polisacáridos proteínas, lípidos, aditivos, y compuestos activos juegan un papel importante en la industria de alimento y demuestran ser efectivos en la conservación de frutas y hortalizas controlando transferencias de gases, crecimiento microbiano, así como manteniendo las características deseables por los consumidores. En general la finalidad de esta revisión bibliográfica realizada para los autores es demostrar que la utilización de cubiertas comestibles ayuda a la conservación y calidad de frutas y hortalizas.

Dussán et al. (2014). Evaluaron el efecto del recubrimiento comestible y varios tipos de empaque en piña “manzana” mínimamente procesados bajo refrigeración 5 ± 1 °C y 90 ± 2 % de humedad relativa se hizo un seguimiento de los atributos de calidad cada 4 días hasta el día 24. Se utilizó un diseño completamente al azar con 3 repeticiones totalizando 8 tratamientos derivadas de 4 condiciones de empaque y 2 de recubrimientos se sacó la ANOVA y comparación de medias según Tukey. Se empleó el software SAS 9.3 ($p < 0.05$). El recubrimiento comestible tuvo un efecto significativo en la conservación de acuerdo a los valores de acidez titulable y de pH. Sin embargo, la piña mínimamente procesada acondicionado al vacío tratado con ácido ascórbico (1% v/v), ácido cítrico (1%v/v), sin recubrimiento comestible y almacenado bajo refrigeración permitió conservar los atributos de calidad por un periodo de 16 días.

Valle et al. (2008). Desarrollaron un recubrimiento comestible a base de goma arábica (GA), carboximetilcelulosa (CMC) y glicerol (GL) como plastificante, para valorar su potencial de uso en sistemas de conservación de frutos en atmósfera modificada, mediante la evaluación de sus propiedades mecánicas, de barrera a gases y de transmisión de luz. En una fase de diseño evolutivo se obtuvo una formulación aproximada del recubrimiento; con esta base se definieron rangos de concentraciones de GA (20 y 30%), CMC (0.25, 0.50 y 0.75%) y GL (5, 10 y 15%) para caracterizar el material. La combinación de GA en proporción de 30%, CMC en un rango de 0.25 a 0.50% y GL en un rango de 5 a 10%, presentó un potencial adecuado para uso en conservación de frutos mediante sistemas de atmósfera modificada. El cambio de las concentraciones en GA, CMC y GL permitió regular las permeabilidades a O₂ y CO₂ y la resistencia mecánica, con una transparencia mayor a 80%.

Andrade et al. (2014). Estudiaron la viabilidad del uso de cera de laurel como base de un recubrimiento comestible capaz de prolongar la vida útil del tomate de árbol. Se evaluaron 9 formulaciones teniendo en cuenta la pérdida de peso de las diferentes muestras mediante un diseño factorial 3x2, aleatorizado por bloque analizado por un programa estadístico Statgraphics Centurion XVIII. Se empleó un recubrimiento compuesto que se evaluó sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los frutos. El análisis estadístico mostró que el recubrimiento redujo la pérdida de masa y al índice de respiración teniendo la firmeza y la calidad sensorial del fruto por más tiempo incrementando en un 25% del tiempo de anaquel del tomate de árbol con respecto a las muestras testigos sin recubrimiento.

Locaso et al. (2007). Los investigadores trataron el efecto de un recubrimiento biodegradable, formulado con un terpeno natural de origen vegetal, como alternativa para conservar cítricos en pos cosechas. Se realizaron 2 ensayos, con el primero evaluaron un recubrimiento protector de terpeno en condiciones controladas de almacenamiento y selección del método de aplicación más adecuado para recubrir la fruta. En el primer caso se efectuó sobre naranja valencia latea y los parámetros analizados fueron: porcentaje de deshidratación, porcentaje deformación, índice de madurez y aceptabilidad global. En el segundo caso se emplearon naranjas Washington

las cuales sufrieron inmersión, pulverización manual y aplicación convencional. Se analizaron las variables: porcentaje de deshidratación, porcentaje de deformación y calidad interna. De los resultados obtenidos puede señalar que el recubrimiento terpénico aplicado por pulverización manual sobre naranjas tendría un efecto beneficioso para la conservación en poscosecha

6.2. MARCO REFERENCIAL

6.2.1. Origen del pomelo

Los cítricos se originaron hace unos 20 millones de años en el sudeste asiático. Desde entonces hasta ahora han sufrido numerosas modificaciones debidas a la selección natural y a hibridaciones tanto naturales como producidas por el hombre. La dispersión de los cítricos desde sus lugares de origen se debió fundamentalmente a los grandes movimientos migratorios: conquistas de Alejandro Magno, expansión del Islam. El pomelo es una hibridación natural que se dio en las islas Barbados en el siglo XVII, entre un naranjo dulce y un pummelo (*Citrus grandis*). (cusco, 2014)

6.2.2. Taxonomía y morfología

Familia: *Rutaceae*, Género: *Citrus*. Especie *Citrus paradisi* Macf. Porte: Reducido. Tronco corto y copa compacta. Brotes color púrpura. Escasa espinosidad. Hojas: medio grandes, algo vellosas, con alas grandes, nervios muy marcados y olor típico. Flores: grandes de color verdoso y estambres reducidos. Fruto: Hesperidio. Consta de: exocarpo (flavedo: presenta vesículas que contienen aceites esenciales), mesocarpo (albedo: pomposo y de color blanco) grueso y endocarpo (pulpa: presenta tricomas con jugo) blanco, rosa o rojo. De tamaño grande y forma redonda y algo aplastada. Superficie con glándulas prominentes con aceites. (Cusco, 2014)

6.2.3. Importancia económica y distribución geográfica

Sus frutos en fresco se consumen en las comidas, de entrada, o de postre, y transformados en mermeladas o en zumos, tanto naturales como concentrados. La

industria aprovecha un 20% de su producción, principalmente para la elaboración de zumos y pequeñas cantidades para mermeladas. La producción de pomelo a nivel mundial supera los 3,8 millones de toneladas, siendo Estados Unidos el productor líder con más de 2,3 millones de toneladas y el 45% destinado al consumo en fresco. Le siguen en importancia países como Argentina, Cuba, Chipre, Israel, México, Mozambique y Sudáfrica

6.2.4. Requerimientos edafoclimáticos

El pomelo es una especie subtropical, su calidad está asociada a una alta integral térmica. En general, la temperatura se considera el factor ambiental más importante en la incidencia sobre el color del fruto tanto externo como interno. Necesita temperaturas cálidas durante el verano para la correcta maduración de los frutos. La forma del fruto depende de la humedad relativa; los pomelos cultivados en zonas tropicales o subtropicales tienen una forma aplanada, mientras que los cultivados en zonas más áridas tienen frutos esféricos. No tolera las heladas, ya que sufre tanto las flores y frutos como la vegetación. Presenta escasa resistencia al frío (a los 3-5°C bajo cero la planta muere). No requiere horas-frío para la floración. No presenta reposo invernal, sino una parada del crecimiento por las bajas temperaturas (quiescencia), que provocan la inducción de ramas que florecen en primavera. Requiere importantes precipitaciones (alrededor de 1.200 mm), que cuando no son cubiertas hay que recurrir al riego.

Es una especie ávida de luz para los procesos de floración y fructificación, que tienen lugar preferentemente en la parte exterior de la copa y faldas del árbol. Por tanto, la fructificación se produce en copa hueca, lo cual constituye un inconveniente a la hora de la poda. Es muy sensible al viento, sufriendo pérdidas de frutos en precosecha por transmisión de la vibración. (cusco, 2014)

6.2.5. Definición recubrimiento comestible

De acuerdo con Krochta y De Mulder-Johnston, Pastor *et al.*, 2005 y Quintero *et al.*, 2010, una película comestible se define como aquella capa delgada de material comestible formada sobre un alimento como un recubrimiento, o colocada (lo que

implica que debe ser pre-formada) sobre o entre los componentes de los alimentos y se caracterizan por:

- Constituir una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua que retrasa el deterioro del alimento, mejoran las propiedades mecánicas, ayudan a mantenerla integridad estructural del producto que envuelven, a retener compuestos volátiles y pueden actuar como vehículo de aditivos alimentarios.
- Aplicados a las frutas permiten controlar la respiración y la senescencia de forma similar a las atmósferas modificadas, ejerciendo así una barrera a los gases y al vapor de agua. De esta manera se reduce el deterioro del fruto.

Los recubrimientos se han desarrollado con el fin de extender la vida útil de los productos alimenticios, usarse como soporte de agentes antimicrobianos, antioxidantes o nutrientes, para enlentecer la migración de humedad y lípidos o el transporte de gases y solutos. Éstos, deben poseer propiedades mecánicas que garanticen la adecuada adhesividad a los alimentos y manipuleo de ellos sin deterioro de las mismas y, además, deben ser totalmente neutras con respecto al color, tacto y olor del alimento (Famá et al., 2004). En productos hortofrutícolas, como el mango, pueden emplearse como barrera con base en gases y vapor de agua; para este propósito se aplican sobre la superficie del alimento con la función primordial de restringir la pérdida de humedad de la fruta hacia el ambiente, reducir la absorción de O_2 para disminuir su tasa respiratoria, aumentar su vida útil y reducir las pérdidas postcosecha (Kester y Fennema, 1989; Debeaufort et al., 1998).

6.2.6 Componentes del recubrimiento comestible

Los principales componentes de los recubrimientos comestibles son polisacáridos, proteínas, lípidos y resinas; las formulaciones pueden incluir, además, plastificantes y emulsificantes de distinta naturaleza química con el fin de mejorar las propiedades de los recubrimientos. Los polisacáridos y las proteínas son polímeros que forman redes moleculares cohesionadas por una alta interacción entre sus moléculas; estos les

confiere buenas propiedades mecánicas y de barrera a gases (O_2 y CO_2). La incorporación de plastificantes tiene como objetivo mejorar la flexibilidad de los recubrimientos, haciéndolos menos frágiles; la de los emulsificantes, favorecer la dispersión del lípido en la matriz hidrocoloide, mejorado la capacidad del recubrimiento para impregnar al alimento y formar una capa continua en la superficie del mismo. En la elaboración de películas comestibles se emplean mezclas entre biopolímeros con el fin de contrarrestar las deficiencias propias de cada componente y así poder mejorar las propiedades del material resultante.

6.2.7. Importancia y funciones

Una de las ventajas de esta tecnología es el hecho de que estos materiales pueden servir como vehículos de otros ingredientes con un propósito específico diferente, así por ejemplo, se han incorporado en las formulaciones agentes antimicrobianos, saborizantes, antioxidantes y pigmentos. También pueden mejorar las propiedades de manejo-mecánico o integridad estructural de un producto alimentario, como sucede en productos compuestos de muchas partículas discretas. Tal es el caso de la parte de encima de una pizza en donde podría utilizarse una película para mantener sus componentes en su lugar durante la distribución del producto; las cubiertas pueden ofrecer alguna protección física en productos que son susceptibles a daños físicos durante el transporte como en frutas y hortalizas frescas.

Adicionalmente, las películas y recubrimientos representan una alternativa a los materiales comerciales de empaque que se emplean en los productos alimentarios, pues desde el punto de vista de protección del ambiente, se conciben como menos costosos que los plásticos por lo que su uso con este propósito reduciría significativamente la basura del envasado asociada con los alimentos frescos y procesados.

Es claro que las películas y recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas frescas proporcionan el mismo efecto de una atmósfera modificada, por lo que en muchos casos no son exitosas, y de hecho la calidad del producto vegetal se puede empeorar; de aquí que, el éxito de los recubrimientos comestibles para productos frescos,

dependerá del adecuado control que ejerzan en la composición gaseosa interna (Park, 2004).

6.2.8. Propiedades de los recubrimientos

Las películas y recubrimientos comestibles se elaboran con biopolímeros naturales de alto peso molecular que proporcionan una matriz macromolecular con resistencia cohesiva alta. Los tipos de macromoléculas que se emplean para este propósito son hidrocoloides (proteínas, polisacáridos) los cuales debido a su naturaleza hidrofilia, son muy sensibles al agua. Los otros componentes mayoritarios en la formulación lo constituyen los lípidos y resinas; pero las formulaciones pueden incluir plastificantes, emulsificantes, agentes de superficie activa (surfactantes), agentes de liberación específica de compuestos, lubricantes, etc., por lo que realmente se trata de formulaciones multicomponentes (Gennadios y Weller, 2000; Baldwin y col., 2004).

✓ Hidrocoloides: polisacáridos y proteínas

Los biopolímeros de alto peso molecular y soluble en agua son denominados comúnmente hidrocoloides. Las películas o recubrimientos formulados con hidrocoloides tienen aplicaciones en los casos en los que el control de la migración del vapor de agua no es el objetivo, ya que éstas son excelentes como barrera para la difusión del O₂, CO₂ y lípidos. La mayoría de estas películas también tienen propiedades mecánicas y estructurales deseables que las hacen útiles para mejorar la integridad estructural de productos frágiles. Los hidrocoloides utilizados para la elaboración de recubrimientos se clasifican de acuerdo con su composición, carga molecular y solubilidad en agua (Kester y Fennema., 1986, 1989; Bosquez y col., 2000).

✓ Polisacáridos

Entre los carbohidratos formadores de películas están incluidos la celulosa, pectinas, almidón, almidones químicamente modificados, alginatos, quitosano, carragenina y gomas vegetales. Las películas formuladas con polisacáridos ofrecen buena barrera a los gases y se adhieren bien a las superficies cortadas de frutas y hortalizas. Sin embargo, su funcionalidad como barrera contra la pérdida de humedad es pobre debido

a su naturaleza hidrofílica (Baldwin y col., 1995a). Hay gran disponibilidad, generalmente son de bajo costo y no son tóxicos (Nisperos-Carriedo, 1994).

Entre las ventajas potenciales de los recubrimientos a base de polisacáridos se pueden mencionar que no son grasosos, son películas de bajas calorías y pueden emplearse para extender la vida de anaquel de frutas y hortalizas sin alto riesgo de desarrollar condiciones de anaerobiosis, por lo que su aplicación en la agricultura se ha vuelto popular debido a sus propiedades para modificar la atmósfera interna de una manera similar a las atmósferas controladas (Nisperos-Carriedo, 1994).

✓ **Proteínas**

Las proteínas como la caseína, gelatina, proteína de soya, zeína, albúmina de huevo, etc., son buenas formadoras de películas y se adhieren a las superficies hidrofílicas, pero en la mayoría de los casos no resisten la difusión al vapor de agua. Los recubrimientos a base de proteínas para productos vegetales, no han tenido mucho éxito. Sin embargo, el desarrollo de cubiertas compuestas en las que se combinan proteínas con materiales hidrofóbicos, ofrece muchas oportunidades para este propósito (Kester y Fennema, 1989; Gennadios y col., 1994).

Se ha reportado que la pegajosidad que comúnmente se observa en frutos como los dátiles, higos, pasitas, ciruelas pasas y chabacanos deshidratados, se reduce notablemente con recubrimientos formulados con cera de carnauba, un aceite vegetal, zeína de maíz y un agente humectante (Gunnerson y Bruno, 1990; citado por Gennadios y col., 1994). Otro estudio reveló que la calidad de algunos productos mínimamente procesados se mejora con recubrimientos que contienen caseína en su formulación (Avena-Bustillos y col., 1993).

✓ **Lípidos y resinas**

Los recubrimientos a base de estos componentes como ingredientes mayoritarios se elaboran con ceras y aceites como la cera o aceite de parafina, cera de abejas, cera de carnauba, cera de candelilla, aceite mineral, aceite vegetal, monoglicéridos acetilados, ácido esteárico, ácido láurico, o ésteres de ácidos grasos-sacarosa. Generalmente,

estas cubiertas son barreras efectivas contra la humedad, mientras que las que contienen resinas (shellac, rosin de madera, etc.) son más permeables al vapor de agua, aunque en menor grado que algunos recubrimientos de polisacáridos (Hagenmaier y Shaw, 1991b). Estos recubrimientos se han experimentado en frutas y hortalizas enteras.

Se ha reportado que algunos lípidos y la mayoría de las cubiertas de resinas, pueden generar condiciones anaeróbicas debido a sus características de baja permeabilidad a gases; además no se adhieren a superficies cortadas de naturaleza hidrofílica (Hagenmaier y Shaw, 1992; Baldwin, 1995b). Entre los materiales lipídicos que se han empleado para la elaboración de formulaciones destinadas a productos ligeramente procesados, se encuentran la cera de abejas, monoglicéridos acetilados, ácido esteárico, ácido láurico y ésteres de ácidos grasos sacarosa (Avena-Bustillos y col., 1994; Wong y col., 1994).

✓ **Multicomponentes**

Con la intención de aprovechar las ventajas de los diferentes componentes, las formulaciones se elaboran combinando los materiales mencionados en diferentes proporciones. En estas cubiertas compuestas, el uso de dos o más materiales simplemente combinados o laminados permiten mejorar las propiedades de intercambio gaseoso, adherencia y permeabilidad al vapor de agua. Las películas compuestas de quitosano y algunos ácidos grasos de punto de ebullición alto producen una sal de ácido graso-quitosano, en donde la transmisión del agua depende de la hidrofobicidad de la cadena del ácido graso, encontrándose que con la película de ácido láurico-quitosano se obtiene una estructura única de placas sobrepuestas que mejoran la propiedad de resistencia al agua de la cubierta, mientras que la tasa de difusión gaseosa no se afecta por la hidrofobicidad de la película (Wong y col., 1992). Este tipo de recubrimientos tienen potencial para cubrir productos vegetales enteros o mínimamente procesados.

✓ **Otros ingredientes**

Ciertos componentes se adicionan, en menores cantidades, a las formulaciones de los recubrimientos para modificar las propiedades mecánicas; a estos compuestos se les clasifica como plastificantes o emulsificantes (Baldwin y col., 1997).

Los compuestos lipofílicos se usan frecuentemente para ambos propósitos, e incluso pueden utilizarse como el principal ingrediente formador de la película. Los plastificantes incrementan la flexibilidad de la cubierta, mejorando la dureza y funcionamiento disminuyendo la formación de escamas y grietas. A nivel molecular, estos compuestos debilitan las fuerzas intermoleculares entre las cadenas adyacentes del polímero, disminuyendo la fuerza e incrementando simultáneamente la flexibilidad de la película. Los plastificantes lipídicos más comúnmente empleados incluyen aceites, lecitina, ceras, ácidos grasos y derivados (Kester y Fennema, 1989; Cuppett, 1994; Greener y Fennema, 1994).

Debido a la inherente flexibilidad de los monoglicéridos acetilados, algunas veces se incorporan en la formulación de una cubierta a base de ceras para impartir plasticidad adicional sin disminuir materialmente la resistencia de la cubierta a la transferencia de humedad (Kester y Fennema, 1986). Cualquiera que sea el propósito del aditivo, es importante considerar que siempre existe la posibilidad de que puede alterar adversamente las propiedades de resistencia al vapor de agua, gases o transporte de solutos. La influencia de un aditivo dado dependerá de su concentración, estructura química, grado de dispersión en la película y grado de interacción con el polímero (Kester y Fennema, 1986). Las formulaciones actuales, demandadas por una industria dinámica como la de frutas y hortalizas frescas, contienen una variedad de ingredientes GRAS o ingredientes aprobados por la FDA, que se aplican en una gran variedad de formas (Baldwin, 1997).

6.2.9. Importancia de las propiedades químicas de los componentes de la formulación y técnica de preparación en la eficiencia funcional de películas y recubrimientos

El carácter funcional de una película o recubrimiento comestible depende fuertemente de la naturaleza de sus componentes, proporción en la formulación y estructura final obtenida:

6.2.9.1. Influencia de las propiedades químicas de los componentes

Las investigaciones reportadas indican que la selección de una sustancia formadora de película y del aditivo selectivo o activo está en función del objetivo, la naturaleza del producto y el método de preparación y aplicación (Kester y Fennema, 1986; Debeaufort y col., 1998). Así entonces, para el caso de frutas y hortalizas frescas, las propiedades de transferencia de masa selectiva deseadas de una película comestible tendrían que permitir el desarrollo normal de la maduración y respiración de estos productos sin riesgos de anaerobiosis (intercambio gaseoso de O₂, CO₂, C₂H₄), limitando en gran medida y al mismo tiempo su deshidratación durante el almacenamiento.

✓ Componentes principales

Considerando el propósito anterior, las sustancias hidrofóbicas como las ceras y resinas y algunas proteínas no solubles en agua resultan ser los componentes más eficientes para retardar la transferencia de humedad; sin embargo, si se emplean como componente único o principal, se obtienen películas gruesas y quebradizas. Los ácidos grasos y alcoholes como formadores de películas carecen de integridad estructural y durabilidad en su forma libre, por lo tanto, requieren de una matriz estructural.

Los cristales lipídicos en cubiertas de ceras son excelentes barreras contra la humedad y los gases, pero sus propiedades de permeabilidad dependen del empaquetamiento de los cristales lipídicos y su orientación en la dirección del permeado; y en lo que respecta a los aceites, éstos no son tan resistentes a los gases y vapor de agua como las ceras en estado sólido. Se ha observado que la permeabilidad al vapor de agua de las películas cerosas aumenta al aumentar la polaridad, instauración y ramificación de los

lípidos, o, de la forma como el agua sea absorbida en la porción polar de la película (Hernández, 1994).

Por otro lado, la permeabilidad a gases de los biopolímeros como las proteínas y polisacáridos es mucho más baja que la que proporcionan las películas plásticas sintéticas y, además, imparten mejores propiedades mecánicas (Krochta y De Mulder-Johnstone, 1997; Debeaufort y col., 1998).

Dado que las propiedades de las diferentes sustancias pueden aprovecharse, es común elaborar formulaciones compuestas para obtener películas o recubrimientos con estructura heterogénea. Actualmente la mayoría de las películas y recubrimientos comestibles que se formulan contienen al menos un componente capaz de formar una matriz estructural con suficiente cohesividad (proteína, o polisacárido). Se ha reportado que la fuerza cohesiva de la película está asociada a la química y estructura del biopolímero, así como al tipo de solvente, presencia de agentes plastificantes y condiciones ambientales durante la formación de la película. Una mayor cohesión estructural genera una menor flexibilidad, menor porosidad y menor permeabilidad a gases, vapores y solutos sólidos. Conforme aumenta la longitud y polaridad de la cadena del polímero, se incrementa la cohesividad; si además existe una distribución uniforme de los grupos polares a lo largo de la cadena del polímero, la probabilidad de formación de enlaces por puente de hidrógeno intercatenarias es mayor y por consiguiente también la cohesión (Banker, 2000; Kester y Fennema, 2004). De acuerdo con Banker (2000), un factor importante es el solvente que se emplea para la formación de la matriz ya que influye en las características del recubrimiento o película terminada, pues con una máxima solvatación y extensión de las moléculas del polímero se producirán películas con estructuras más cohesivas.

Los solventes empleados para películas y recubrimientos comestibles están limitados al agua, etanol o una combinación de éstos. Generalmente, la transferencia de agua ocurrirá a través de la porción hidrofílica de la película, por lo tanto, la permeabilidad del vapor de agua también dependerá de la relación contenida de los materiales hidrofílicos/hidrofóbicos en la formulación (Hernández, 1994). La hidratación de las

películas está, a su vez, afectada por la temperatura, por consiguiente, la permeabilidad se verá también afectada por este factor, por el porcentaje de humedad relativa (HR) y el gradiente de humedad relativa a través de la cubierta. Aditivos en la formulación.

Son varios los materiales que pueden incorporarse en las formulaciones para conseguir propiedades mecánicas, de barrera, sensoriales o nutricionales deseables en las películas terminadas; entre éstos, los más usuales son los denominados plastificantes, los cuales son compuestos de baja volatilidad que se adicionan para conferir flexibilidad a una película o recubrimiento polimérico induciendo un debilitamiento de las fuerzas intermoleculares entre las cadenas adyacentes del polímero (Kester y Fennema, 2004; Shaw y col., 2002).

Se han propuesto tres hipótesis para explicar este fenómeno; la primera plantea que el plastificante actúa como agente lubricante interno reduciendo la fricción intermolecular permitiendo una mayor libertad de movimiento a las cadenas poliméricas mayores que conforman el material. La segunda considera que el plastificante ejerce una acción de “solvatación” de los sitios polares de las cadenas poliméricas, sobre todo con altos niveles de plastificante, reduciendo la atracción intermolecular, y la tercera hipótesis propone que el movimiento térmico en las moléculas de plastificantes de bajo peso molecular, aumentan el volumen libre del polímero generando un mayor espacio para el movimiento de las cadenas mayores (Shaw y col., 2002).

Cabe señalar que también existen reportes que indican que la energía de activación (E_d) para la difusión de un gas o vapor a través de una película está relacionado con la energía requerida para separar las cadenas adyacentes del polímero; por lo tanto, la reducción en las fuerzas de atracción de las cadenas intercatenarias ocasionadas por un agente plastificante se reflejará en una disminución de la E_d , un incremento en la constante de difusión y un aumento en la permeabilidad de gases y vapores a través de la película (Banker, 2000; Kester y Fennema, 2004). Los agentes plastificantes de grado alimentario más comunes son los polioles como el glicerol, sorbitol, manitol, sacarosa, propilenglicol y polietilenglicol. Para obtener beneficios óptimos de un plastificante, éste debe ser compatible con el polímero, es decir debe tener una

estructura química y fuerzas intermoleculares similares que le permita asociarse y ser miscible con el polímero.

6.2.9.2. Procesos de preparación de películas y recubrimientos comestibles

Las películas y recubrimientos comestibles multicomponentes se han ido perfeccionando para obtener las máximas ventajas de los componentes involucrados en su formulación por lo que en el momento de su preparación se busca también establecer la mejor interacción posible entre las moléculas bajo la acción de tratamientos físicos o químicos. La microestructura y el estado físico de la superficie del recubrimiento o película terminados dependen en gran medida de la técnica de preparación; así entonces la formación de las películas y recubrimientos a base de biopolímeros puede llevarse a cabo mediante alguno de los siguientes procesos (Kester y Fennema, 2000; Debeaufort y col., 1998):

- **Coacervación simple:** Consiste en inducir la precipitación o gelificación de un hidrocoloide, que se encuentra dispersado en solución acuosa, mediante la evaporación del solvente, por la adición de un solvente no-electrolito en el que el polímero no es soluble (v. gr. alcohol), por la adición de un electrolito que genere un efecto de precipitación de sales (“salting out”), o modificando el pH de la solución. Con este proceso se consigue el rompimiento del polímero y su reordenación mediante enlaces iónicos o de puentes de hidrógeno, favoreciéndose el entrecruzamiento de las moléculas para finalmente formar una matriz.
- **Coacervación compleja:** Este proceso involucra la dispersión por separado de dos hidrocoloides de carga opuesta para después combinarlos induciendo interacciones de neutralización y precipitación de la mezcla del biopolímero.
- **Coagulación térmica:** Se lleva a cabo mediante el calentamiento de la solución del biopolímero provocando su desnaturalización, gelificación o precipitación; o bien mediante un enfriamiento rápido de la solución en caliente del hidrocoloide para inducir una transición sol-gel (v. gr. gelatina). A nivel de laboratorio, las películas se obtienen después de que la solución formadora de película o la

emulsión se aplica sobre un soporte inerte, se seca y se desprende, o bien, mediante solidificación del material formador del recubrimiento o película (lípidos).

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo correspondió a una investigación cuantitativa - correlacional, ya que se recogió, procesó y analizó datos cuantitativos o numéricos sobre variables previamente determinadas y se evaluó la asociación o relación entre las variables que fueron cuantificadas, de tal manera que se facilitó la interpretación de los resultados.

7.2. POBLACION

La población que se tuvo en cuenta para la presente investigación fueron frutos de pomelo (108) que se comercializan en la plaza de mercado público de Valledupar, donde teniendo en cuenta factores como el estado de madurez, aspecto taxonómico y libre de ataques de insectos y problemas de contaminación microbiana, entre otros.

7.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

7.3.1. Diseño del tratamiento

El diseño del tratamiento se desarrolló para evaluar la incidencia que tiene la película de recubrimiento propuesto y elaborado a base de malto dextrina y otros componentes sobre las características fisicoquímicas, microbiológica y la aceptación de los gajos de la fruta. Incluye la formulación de la película de recubrimiento.

Tabla 1. Diseño experimental

Tratamientos	MD (g)	Ácido ascórbico (g)	Cera de carnauba g	Glicerina (g)	Tween 20 (g)	Repeticiones
T ₀ sin RC	-	-	-	-	-	R ₁ , R ₂ ,R ₃
T ₁	0,15	0,5	2,0	7,5	0,03	R ₁ , R ₂ ,R ₃
T ₂	0,45	0,5	2,0	7,5	0,03	R ₁ , R ₂ ,R ₃
T ₃	0,75	0,5	2,0	7,5	0,03	R ₁ , R ₂ ,R ₃

Maltodextrina (MD) : Polisacárido.

Ácido ascórbico: Antioxidante.

Cera de carnauba: Parte lipídica.

Glicerina: Agente plastificante.

Tween 20: sustancia surfactante.

El producto elaborado sin recubrimiento comestible sirvió como tratamiento de control.

7.3.2. Diseño del experimento

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Para cada repetición de los tratamientos se organizaron 9 bandejas del pomelo haciendo 27 bandejas por tratamiento es decir 108 bandejas de gajos de pomelo en total de los tratamientos.

7.3.3 Modelo Estadístico Asociado al Diseño

El modelo estadístico está expresado en la ecuación 1

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij} \quad i = 1, 2, 3, \dots, t \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i.

E_{ij} = Error aleatorio, donde $E_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

En esta investigación se evaluó la incidencia que tiene una película de recubrimiento comestible antes mencionados sobre las características fisicoquímica, microbiológica y sensoriales (aceptación del producto), durante el periodo de tiempo de almacenamiento de los gajos de pomelo.

7.4. PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS GAJOS DE POMELO (*Citrus pardisi*) RECIUBIERTOS

1. Recepción de la materia prima

En esta etapa se hicieron visitas a los lugares o depósitos de la plaza de mercado público de Valledupar en donde se obtuvieron las frutas de pomelo las cuales fueron trasladadas a la planta de vegetales y al centro de investigación para la ingeniería CIDI de la Universidad Popular del Cesar.

2. Lavado, desinfección y secado del fruto

El fruto se introdujo en agua potable se realizó un lavado previo donde se eliminó la suciedad que trajo del campo posteriormente se desinfectó en solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 100 y 150 ppm.

3. Pelado del fruto y obtención de los cascos

Manualmente se eliminó la piel del fruto para obtener unos cascos limpios y libres de material extraño

4. Selección y acondicionamiento de los cascos de pomelo

Los gajos seleccionados se eligieron de similar tamaño y en condiciones óptimas para el almacenamiento y posterior análisis durante lo que duró la investigación.

5. Inmersión de los cascos en la película comestible de malto dextrina

Una vez obtenidos los cascos de pomelo en la película de malto dextrina por un tiempo aproximado de un minuto la inmersión de los cascos debe ser completa para que la acción de la película sea uniforme.

6. Secado y empaçado de los cascos

Por la acción de un ventilador de revolución lenta a temperatura ambiente los cascos, luego de ser escurridos se dejaron secar hasta cuando la película de malto dextrina desapareció aparentemente de la piel de los mismos, se empacaron en bandeja de icopor en cantidades que dependiendo del tamaño de las bandejas y se recubrió con una película de polietileno de baja densidad.

7. Almacenamiento refrigerado de las muestras o cascos de pomelo

Los cascos de la fruta fueron almacenados a temperatura de refrigeración -12 ± 1 °C por el tiempo que duró la investigación

8. Toma de muestras para los diferentes análisis

Según lo que se propuso en el diseño experimental y teniendo en cuenta lo que este indica en los intervalos que se realizaron los diferentes análisis indicados en la metodología del trabajo así se tomaron las muestras y se realizaron las pruebas acordadas para lograr los objetivos propuestos.

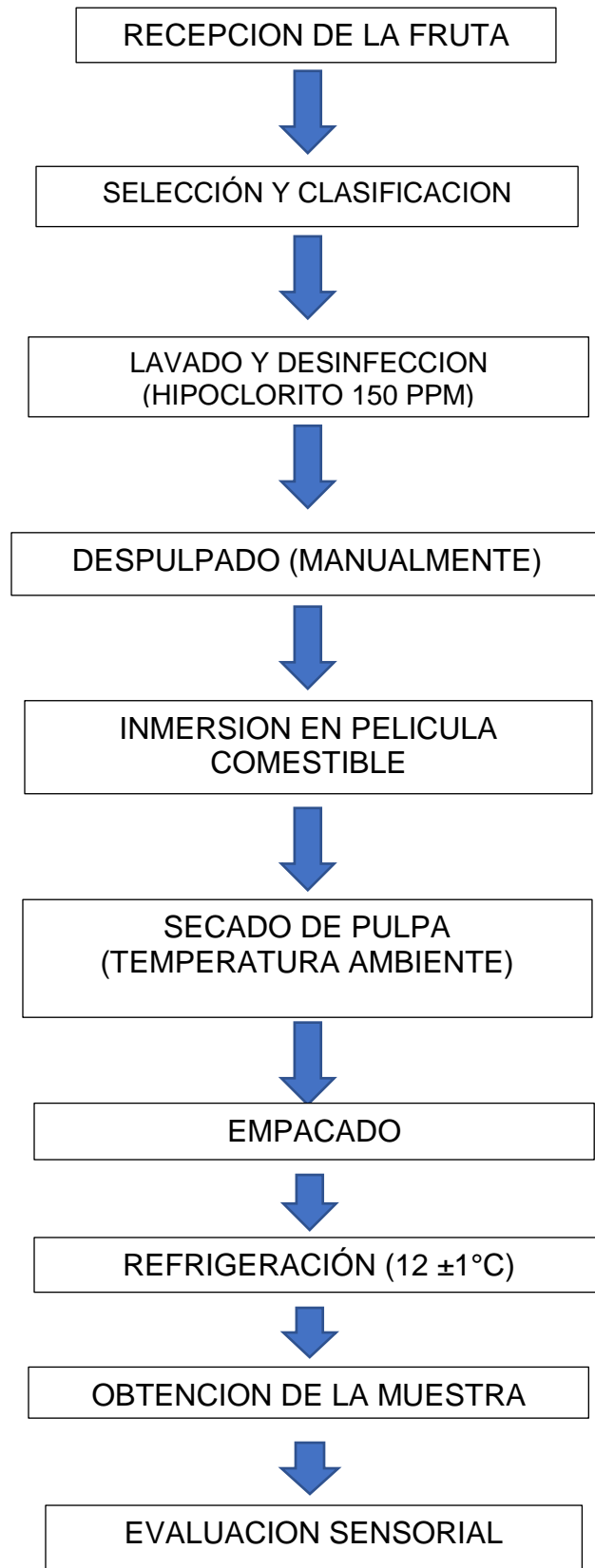


Figura 1. Flujograma del proceso

7.4.1 Obtención de la muestra

Los pomelos (*Citrus pardisi*) se obtuvieron en la plaza de mercado de Valledupar donde se transportaron hasta la planta piloto de vegetales y el Centro de investigación para el desarrollo de la ingeniería (CIDI), donde fueron acondicionados y extraídos para ser embalados, almacenados, y analizados los gajos durante el tiempo que duró la investigación.

7.4.2. Formulación del recubrimiento comestible

Para la presente investigación en la cual se utilizaron gajos de pomelo se elaboraron tres recubrimientos en los cuales solamente se modificó la cantidad de maltodextrina en cada una de las películas elaboradas, ósea que según el diseño experimental las películas llevaron 0,15g (T₁), 0,45g(T₂), 0,75g(T₃) con lo cual se obtuvieron porcentajes de 0,03%, 0,09% y 0,15% de maltodextrina, respectivamente. Los demás componentes integrantes de la película comestible tales como ácido ascórbico, cera de carnauba, glicerina y tween 20, sus cantidades fueron constantes para todas las películas.

Siguiendo la metodología empleada (Achipiz Sandra, Castillo Astrid Eugenia 2013) en investigaciones sobre la guayaba la cual utilizaron un recubrimiento a base de almidón para regular la maduración de la fruta, siguieron el procedimiento que a continuación se plantea: Los recubrimientos a preparar fueron sometidos a baño María (entre 85°C y 90 °C) durante 5 minutos y posterior enfriamiento a temperatura ambiente mezclando 2,0 g de cera de carnauba, con la cantidad de maltodextrina según el diseño experimental el cual indica para T₁ muestra testigo, sin recubrimiento, T₁ 0,15g , T₂, 0,45g , T₃ 0,75g la cantidad para cada película es de 500g.

7.4.3. Análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se realizaron siguiendo lo establecido en los métodos de la AOAC y la NTC 4519, respectivamente.

El análisis sensorial se realizó mediante un examen hedonístico en la Universidad Popular del Cesar.

Análisis fisicoquímicos

Se realizaron las pruebas de, pH, acidez titulable, sólidos solubles, merma, textura y siguiendo la metodología basada en los métodos oficiales **AOAC**, 1990 (Official Methods Of. Análisis, Association Of. Official Analytical Chemist) de los Estados Unidos. Se analizaron muestras los días 0, 5, 10, 15, 20; la toma de muestra siguió los protocolos recomendados por la norma establecida para tal fin y por normas internacionales.

✓ **pH**

El pH, parámetro medido al producto de la presente investigación por potenciometría según el método referenciado por Bateman, 1970. Las muestras para realizar las pruebas se tomaron los días 0, 5, 10, 15, 20, 25 después de eliminar la cascara y someter los gajos a la película comestible y se procedió de la siguiente manera: se sacaron las muestras de cada tratamiento y repeticiones del producto recubierto con la película comestible del cuarto de refrigeración y se dejaron reposar, se pesaron exactamente 10 g de muestra, se maceraron en un mortero, se adicionaron 100 ml de agua destilada al producto macerado en un vaso de precipitado, se procedió a medir el pH de la solución introduciendo el electrodo en la muestra hasta cuando el equipo muestre un valor constante. Las pruebas se hicieron por triplicado para cada repetición de los tratamientos.

✓ **Determinación de acidez**

Por titulación de 10 mL de jugo con NaOH 0,1 N y con 0,5 mL de fenolftaleína como indicador, hasta coloración rosada constante.

✓ **Pérdida de peso**

En balanza analítica *con* precisión de $\pm 0,05$ mg para determinar la variación de peso en el tiempo

✓ **Firmeza por penetrometría**

Se desarrolló en la máquina universal Shimadzu EZ-L, valorando la fuerza ante la compresión ejercida con celda de 500 N y velocidad de penetración de 1 mm/seg, perforando 10 mm del fruto, 2 veces por fruto.

✓ **Sólidos solubles**

Se usó un refractómetro Atago escala 0-32 grados Brix, donde se tomó de la pulpa de la fruta el jugo y se depositó una gota de jugo para su concerniente lectura y poder establecer su referente escala.

7.4.4. Análisis sensorial

✓ **Examen hedonístico de aceptación**

Este examen sirve para comprobar la aceptación del producto y se emplea, fundamentalmente en las investigaciones de mercadeo y en los test de consumidores. Consiste en un panel de degustación, prueba hedónica con miembros no entrenados, para cada tratamiento un total de 30 personas. se realizaron los parámetros con respecto al olor, sabor, color y textura a los 20 días de estar almacenado el producto y se emplearon a 20 panelistas no entrenados en la Universidad Popular del Cesar, en el Centro de Investigación para el Desarrollo de Ingeniería (CIDI). El tratamiento a evaluar se sacó del cuarto de refrigeración, se pesan 50 g aproximadamente de cada repetición de los respectivos tratamientos (T_0, T_1, T_2, T_3) de la fruta los cuales se evaluaron por los

panelistas escogidos por los investigadores. Después de la evaluación de cada muestra los evaluadores utilizaron agua destilada para jugarse la boca y de esta forma evitar posible confusión entre muestras evaluadas. Los resultados obtenidos se anotaron de acuerdo a los valores asignados a cada atributo como se muestra en la (ver tabla 2).

Tabla 2. Escala de valores para la aceptación o rechazo del producto

CALIFICACIÓN	VALOR
ME DISGUSTA MUCHO	1
ME DISGUTA	2
NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	3
ME GUSTA	4
ME GUSTA MUCHO	5

7.4.5. Análisis microbiológicos

Los análisis de recuento de aerobios mesófilos (UFC/g) y mohos y levaduras (UFC/g) de los gajos de pomelo con y sin recubrimiento fueron realizados por Bioindalab Laboratorios ubicado en la ciudad de Valledupar (ver anexo 10) mediante la metodología de recuento en placa establecida en la NTC 4519 (ICONTEC, 1998) para aerobios mesófilos y recuento de mohos y levaduras en alimentos por siembra en profundidad, **INVIMA**, 1998. Para los requisitos microbiológicos se tuvo en cuenta lo establecido en la Resolución 3929 del 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social

7.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para analizar los resultados físicos, químicos, sensoriales y microbiológicos, de las distintas formulaciones de los tratamientos y para determinar si hay diferencias estadísticamente significativa entre un tratamiento y otro se empleó el análisis de varianza ANOVA, si este resultado muestra que en sus columnas el valor-P de la prueba F es menor que 0,05, entonces se determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre un nivel de tratamiento y otro, de lo contrario se entiende que no existe diferencia estadísticamente significativa entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles tratamientos presentaron diferencia estadísticamente significativa de otro, se utilizó la prueba de Múltiple Rangos por el método de Tukey. El análisis estadístico se hizo empleando el programa Statgraphics Centurión XVI.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE LOS GAJOS DE POMELO RECUBIERTO

En la tabla 3 se muestran las características fisicoquímicas de los gajos de pomelo con y sin recubrimiento.

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas de los gajos de pomelo recubierto

Tratamientos (Porcentaje de maltodextrina)	pH	Sólidos solubles totales (°Brix)	Acidez titulable (%)	Pérdida de peso (%)	Firmeza (kg/f)
T ₀	3,93 ± 0,45 ^a	10,5 ± 1,0 ^a	0,569 ± 0,083 ^a	8,91 ± 1,07 ^a	1,02 ± 0,22 ^a
T ₁ =0,03%	3,99 ± 0,27 ^a	9,8 ± 1,4 ^a	0,577 ± 0,096 ^a	9,01 ± 0,93 ^a	0,98 ± 0,15 ^a
T ₂ =0,09%	3,92 ± 0,35 ^a	9,4 ± 1,1 ^a	0,611 ± 0,081 ^a	8,78 ± 0,92 ^a	1,04 ± 0,16 ^a
T ₃ =0,15%	3,99 ± 0,31 ^a	10,2 ± 1,0 ^a	0,588 ± 0,094 ^a	8,68 ± 1,02 ^a	1,00 ± 0,17 ^a

^a medias con letras iguales entre columnas no presentan diferencias significativas ($p \geq 0,05$)

8.1.1. pH

Mediante la experimentación a diferentes porcentajes de maltodextrina, correspondiente a los tratamientos establecidos (ver anexo 1), se muestra en la tabla 3 que las diferentes concentraciones de maltodextrina en el recubrimiento no afectó de manera significativas ($p \geq 0,05$) el pH de los gajos de pomelo recubiertos con respecto al control (gajos sin recubrir). Los valores de pH estuvieron entre 3,93 y 3,99. Dichos valores, basados en la estabilidad de los alimentos, los valores finales de pH son adecuados por ser inferiores a 4,0 (Azeredo, 2004). Este comportamiento fue similar al reportado en recubrimiento de cristal de aloe vera. aplicados a papaya y tomate a diferentes concentraciones (Llano & Meza, 2013), guayabas recubiertas con almidón de papa y

cera de carnauba (Arrieta & Guillen, 2017), tomate de árbol recubierto con cera de laurel y almidón (Andrade et al., 2014), piña manzana minimamente procesada recubierta con una solución de cloruro de calcio (Dussán-Sarria et al., 2014). Además, Bosquéz (2003) y Mulkay et al. (2004) señalan que muchas veces factores como el pH, no son afectados por los recubrimientos comestibles. La tendencia de los valores de pH de los frutos recubiertos se puede atribuir al efecto barrera del recubrimiento comestible, el cual se caracteriza por disminuir el metabolismo activo de la fruta, retardando así la maduración al disminuir la tasa de respiración celular de los tejidos vegetales limitando la degradación de los ácidos orgánicos como es el caso del ácido cítrico presente en el pomelo (González-Aguilar et al., 2010).

8.1.2. Sólidos solubles totales

Los sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix) de los gajos de pomelo recubiertos por los diferentes tratamientos no presentaron diferencias significativas ($p \geq 0,05$) con respecto al control (sin recubrimiento) (ver anexo 2). Los $^{\circ}$ Brix oscilaron entre 9,0 a 10,5 %. La baja variación del contenido de sólidos solubles totales durante el almacenamiento se puede deber que la concentración de azúcares aumenta durante su maduración y después suelen mantenerse constantes. Este comportamiento es propio de los críticos, ya que son frutos no climatéricos que presentan una baja intensidad respiratoria (Álvarez et al, 2012).

Este comportamiento fue similar al reportado por Llano & Meza (2013) quienes no encontraron diferencias significativas del contenido de sólidos solubles totales entre los diferentes tratamientos utilizados en el recubrimiento de la papaya por un tiempo de almacenamiento de 25 días, obteniéndose valores promedios entre 8- 12 $^{\circ}$ Brix.

8.1.3. Acidez

La aplicación del recubrimiento a los gajos de pomelo con respecto al control (sin recubrimiento) no afectaron de manera significativa ($p \geq 0,05$) la acidez, cuyos valores estuvieron entre 0,569 y 0,611 % (ver anexo 3). Sin embargo, entre los días 15 y 20 hubo un ligero aumento entre los tratamientos. En el almacenamiento no se observó

una variación pronunciada debido a que los cítricos en general poseen una baja intensidad respiratoria lo que lo clasifica como frutos no climatéricos (Alvarez, 2012). Esta misma tendencia fue reportada por Andrade et al. (2014) quienes recubrieron frutos de tomate de árbol usando una solución de recubrimiento que contenía cera de laurel, glucosa y almidón de yuca a una temperatura de 18°C durante 16 días de almacenamiento, donde no se observó diferencias significativas entre el tomate sin y con recubrimiento.

8.1.4. Pérdida de peso y firmeza

Los tratamientos en comparación al testigo (sin recubrimiento) no influyeron de manera significativa ($p \geq 0,05$) en la pérdida de peso y la firmeza, obteniéndose valores en el rango 8,91- 8,68 % y 0,92 – 1,04 kg/f, respectivamente (ver anexo 4 y 5). Esto se puede deber a que los polisacáridos utilizados en los recubrimientos comestibles como es el caso de la maltodextrina presentan buenas propiedades de barrera frente a los gases (CO_2 y H_2O , principalmente) (Valle-Guadarrama et al., 2008) y pueden adherirse a las superficies de frutas y hortalizas troceadas, sin embargo su carácter hidrófilo hace que presenten una baja barrera al vapor de agua (Alvarez, 2012) ocasionando una leve pérdida de peso y firmeza en la fruta debido al proceso de transpiración de la misma (Fernández et al., 2015). Aunque no se identificó influencia de los recubrimientos sobre la pérdida de peso, estos valores fueron similares a los reportados por Ramírez (2012) quien recubrió mora de castilla utilizando gel de mucilago de penca de sábila, obteniéndose una pérdida de peso de 7,9% a los diez días de almacenamiento.

En general, la aplicación del recubrimiento no influyó de manera significativa en las variables de respuesta estudiada, esto se puede deber a la baja concentración de maltodextrina presente en la solución del recubrimiento. También, debido a que el pomelo es un

fruto no climatérico; su tasa respiratoria es baja y por ende no se producen muchos cambios en su contenido de ácido cítrico y concentración de azúcares (glucosa, sacarosa y fructosa) (Alvarez, 2012). El comportamiento de las variables estudiadas en esta investigación fue similar a lo reportado por Arrieta & Guillén (2017) quienes no

encontraron diferencias significativas sobre los Brix, pH, acidez y firmeza de guayabas recubiertas con un recubrimiento comestible a base de almidón de papa, cera de carnauba y gel de aloe vera a concentraciones de 2% y 3% de almidón.

8.2. ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS GAJOS DE POMELO RECUBIERTO Y CONTROL

Otro aspecto de interés de este trabajo, fueron las características organolépticas del pomelo recubierto, debido a que es importante que tanto el aspecto y las condiciones del fruto, sean muy parecidas al fruto fresco; por tanto, se hizo algunas pruebas para establecer dichas condiciones, las cuales se condensan en la Tabla 4.

Tabla 4. Características organolépticas de los gajos de pomelo recubierto

Tratamientos	Olor	Sabor	Textura	Aceptación general
T ₀	3,8 ± 0,52 ^a	3,55 ± 0,75 ^a	3,95 ± 0,68 ^a	4,0 ± 0,79 ^a
T ₁	3,7 ± 0,73 ^a	3,65 ± 0,98 ^a	3,75 ± 0,91 ^a	3,8 ± 0,89 ^a
T ₂	3,65 ± 0,58 ^a	3,75 ± 0,78 ^a	3,75 ± 0,85 ^a	3,9 ± 0,55 ^a
T ₃	3,7 ± 0,80 ^a	3,8 ± 0,76 ^a	3,7 ± 0,86 ^a	4,1 ± 0,71 ^a

^a medias con letras iguales entre columnas no presentan diferencias significativas (p≥ 0,05)

8.2.1. Olor

La calificación del olor por parte de los paneles no entrenados presentó valores similares (p≥0,05) para el control (sin recubrimiento) y los gajos de pomelo recubiertos a diferentes concentraciones de maltodextrina (ver anexo 6). Este se puede deber a que maltodextrina es una sustancia que no posee un olor excepcional que estimule los receptores olfativos de los panelistas, por lo cual las calificaciones fueron similares. Además, la aplicación de recubrimientos a frutas inhibe o reducen la migración de aromas, pues promueven barreras semipermeables entre el fruto y el medio externo (Fernández et al., 2017).

8.2.2. Sabor

El sabor de los gajos de pomelo recubiertos (T_1 , T_2 y T_3) con respecto al pomelo fresco (T_0 =control) no presentó diferencias significativas ($p \geq 0,05$) (ver anexo 7). Estas similitudes están asociadas a que los contenidos de sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix) de los tratamientos no presentaron diferencias significativas ($p \geq 0,05$) con respecto al control. ya que el sabor en frutas está relacionado con la dulzura de estas mismas, que a su vez está determinada por el contenido de azúcares como glucosa, fructosa y sacarosa, principalmente (Samukelo & Linus, 2015).

8.2.3. Textura

La textura de los gajos de pomelo fue similar ($p \geq 0,05$) para los diferentes tratamientos (T_0, T_1, T_2 y T_3), esto indica que el recubrimiento preservó de manera significativa la textura del pomelo fresco (ver anexo 8). La similitud de las calificaciones obtenidas por los panelistas no entrenados puede estar asociada a que tanto el pomelo fresco como los recubiertos sufrieron procesos de transpiración similares, los cuales causan pérdida de agua ocasionando pérdida de peso y disminución de la firmeza; la cual está asociada a procesos de ablandamiento y pérdidas de turgencia (Alvarez, 2012).

8.2.4. Aceptación general

La aceptación general entre el control (sin recubrimiento) y los gajos de pomelo recubiertos a diferentes concentraciones de maltodextrina presentaron calificaciones similares ($p \geq 0,05$) por parte de los panelistas no entrenados (ver anexo 9). Estos valores se pueden atribuir a que la aceptación general es el resultado de la calificación de los atributos de sabor, olor y textura por parte de los panelistas.

8.3. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

En la tabla 5 se muestra el análisis microbiológico realizados a los diferentes tratamientos donde se muestran los resultados de los recuentos de aerobios mesófilos y mohos y levaduras

Tabla 5. Recuento microbiológico de aerobios mesófilos y mohos y levaduras de los gajos de pomelo recubierto

Tratamiento	Aerobios mesófilos (UFC/g)	Mohos y levaduras (UFC/g)	Valores de referencia
T ₀	670	800	1000 – 3000
T ₁	40	100	1000 – 3000
T ₂	<10	<10	1000 – 3000
T ₃	<10	<10	1000 - 3000

Los recuentos de aerobios mesófilos y mohos y levaduras de los tratamientos en esta investigación presentaron valores menores (ver anexo 10) al rango establecido en la resolución 3929 del 2013 que esta entre 1000-3000 UFC/g de pomelo. Sin embargo, el pomelo fresco presentó los mayores valores en los recuentos, esto puede deberse a que al estar los gajos de pomelo sin recubrimiento alguno crean mayor disponibilidad de nutrientes y agua a los microorganismos pudiendo provocar una aceleración en el crecimiento microbiano, de igual forma las condiciones de temperaturas de refrigeración superiores a 5°C crean mejores condiciones de proliferación de microorganismos en los frutos cortados (Kader, 2002).

Los valores reportados por T₂ y T₃ presentaron los menores recuentos microbianos, esto se puede deber a que estos últimos presentaron mayor concentración de maltodextrina, que por ende produce un recubrimiento que permite la creación de una barrera física entre el medio externo y el fruto, produciendo así una atmósfera interna baja en oxígeno que disminuye el crecimiento de microorganismos aerobios como es el caso de los mesófilos y mohos y levaduras (Velázquez-Moreira & Gurerrero-Beltrán, 2014). Esto valores reflejan que se llevaron a cabo buenas prácticas de manufactura en la recepción y limpieza de la materia prima (pomelos), desinfección de utensilios y

equipos, asepsia en la elaboración del recubrimiento y la higiene de los manipuladores en el recubrimiento de los pomelos.

8.4. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LOS GAJOS DE POMELO (*CITRUS PARDISI*)

Según los análisis realizados y los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede observar que los gajos de pomelo recubiertos mantuvieron sus características fisicoquímicas durante los 20 días de almacenamiento a una temperatura de 12 ± 1 °C. además, se pudo determinar que el recubrimiento no genera alteraciones en las propiedades organolépticas de los frutos recubiertos, además el revestimiento brindó a los frutos características similares para el consumidor referentes color, olor, textura y aceptación general con respecto a los gajos de pomelo sin recubrimiento. Y, por último, los análisis microbiológicos mostraron que los gajos recubiertos son aptos para el consumo humano sin que pueda causar daños al consumidor y con buena apariencia para una posible comercialización en el mercado.

9. CONCLUSIONES

Se logró obtener un recubrimiento comestible con un aspecto homogéneo a partir de maltodextrina y con la adición de otras sustancias tales como ácido ascórbico (antioxidante), glicerina (plastificante), cera de carnauba (sustancia lipofílica), Tween 20 (emulsificante) y agua (material dispersante).

La aplicación del recubrimiento comestible a las diferentes concentraciones de maltodextrina (0,03%, 0,09% y 0,15%) no tuvo influencia significativa sobre las características fisicoquímicas (pH, acidez, pérdida de peso, firmeza y sólidos solubles) de los gajos pomelos con respecto al control, ya que se presentaron pocas variaciones de los valores de las características fisicoquímicas durante los 20 días de almacenamiento.

Los gajos de pomelo recubiertos presentaron calificaciones similares al pomelo sin recubrir, esto indica que el recubrimiento no afectó las características organolépticas del pomelo fresco de manera significativa. Además, el uso del recubrimiento comestible a base de maltodextrina inhibió el crecimiento de microorganismo como aerobios mesófilos y mohos y levaduras en el pomelo fresco, esto gracias a que la barrera física que se crea entre la fruta y el medio externo, dando como resultado una atmósfera interna pobre en el oxígeno.

En general, durante los 20 días de almacenamiento de los gajos de pomelo recubiertos, estos preservaron sus características fisicoquímicas, organolépticas e inhibieron el crecimiento de microorganismos, por lo que el uso de este recubrimiento es una alternativa en la conservación poscosecha de gajos de pomelo para aumentar su vida útil.

10. RECOMEDACIONES

- ✓ Aumentar la concentración de maltodextrina en el recubrimiento comestible para saber a qué concentraciones puede influir en las características fisicoquímicas de los gajos de pomelo.

- ✓ Evaluar el efecto de otro tipo de polisacáridos tales como almidón de papa, pectina, quitosano, etc. sobre las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas de los gajos de pomelo.

- ✓ Realizar estudios sobre el efecto del recubrimiento en la composición nutricional de los gajos de pomelo, en particular el contenido de vitamina C durante el almacenamiento.

11. BIBLIOGRAFIA

- Achiz Sandra Marcela, Castillo Eugenia, Mosquera Silvio, Hoyos Jose Luis, Navia Diana (2013.) Efecto de recubrimiento a base de almidon sobre la maduracion de lal guayaba (psidium guajava)
- Aguilar, P., Escobar, M., & Pássaro, C. (2012). Situación actual de la cadena de cítricos en Colombia: limitantes y perspectivas. En C. U. Lasallista, *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización*. Manizales.
- Alvarez, R. (2012). *Formulación de un recubrimeinto comestible para frutas cítricas, estudio de impacto mediante aproximación metabolómica y evaluación de la calidad poscosecha*. Tesis Doctoral, Universidad de Antioquia. Programa de Doctorado en Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias: Bioorgánica, Medellín.
- Andrade, J., Acosta, D., Bucheli, M., & Osorio, O. (2014). Desarrollo de un Recubrimiento Comestible Compuesto para la Conservación del Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* S.). *Información Tecnológica*, 25(6), 57-66.
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Arlington.
- Arrieta, M., & Guillén, L. (2017). *Influencia de un recubrimiento comestible a base de almidón de papa, gel de aloe vera y cera de carnauba en la conseración de la guayaba manzana (Psidium gujaba L)*. Trabajo de pregrado, Universidad Popular del Cesar. Programa de Ingeniería Agroindustrial, Valledupar.
- Artigas, J. M., Capilla, P., Pujol, J., & coords. (2002). *tecnologia del color* . Valencia: Maite Simon.
- Azeredo, H. (2004). *Fundamentos de estabilidade de alimentos* (1° ed.). Embrapa, Brasil: Fortaleza.

- Bosquéz, E. (2003). *Elaboración de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para reducir la cinética de deterioro en fresco del limón persa (Citrus latifolia tanaka)*. Tesis doctoral en Ciencias Biológicas, Dpto. Ciencias Biológicas y de la Salud,, Universidad Autónoma Metropolitana, México D.F.
- Bozzi, A., Perrin, C., Austin, S., & Arce Vera, F. (2007). Quality and authenticity of commercial aloe vera gel powders. *Food Chemistry*, p.22-30.
- By Authority Of THE UNITED STATES OF AMERICA Legally Binding Document, I. (1995). *ASTM Internacional*. Recuperado el 22 de Enero de 2015, de <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/003/astm.e96.1995.pdf>
- Canto, M., Santana, A., Simoes, A., Barbosa, D., Barbosa, S., & Dos Santos, E. (2006). Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível á base de fécula de mandioca. *Ciência e Agrotecnologia*, 1116-1119.
- Castillo, S., Navarro, D., & Zapata, P. (2010). Antifungal efficacy of Aloe vera in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biol Tec*, 183-188.
- Castillo, S., Navarro, D., Zapata, P., Guillén, F., Valero, D., Serrano, M., & Martínez, D. (2010). Antifungal efficacy of Aloe vera in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biology and Technology*, 183-188.
- Cerqueira, M., Lima, A., Souza, B., Teixeira, J., Moreira, R., & Vicente, A. (2009). Novel functional polysaccharides as edible coatings for cheese. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1456-1462.
- Cerqueira, M., Sousa, M., Macedo, I., Rodriguez, R., Souza, B., Teixeira, J., & Vicente, A. (2010). Use of galactomannan edible coating application and storage temperature for prolonging shelf-life of “Regional” cheese. *Revista Journal of Food Engineering*, 87-94.

- Chams, L., Cury, K., & Aguas, Y. (2012). Evaluación microbiológica de suero costeño y valoración higiénica en puntos de venta en Montería, Córdoba. *Rev. Colombiana Cienc. Anim.*, 344-352.
- Chávez, A., & Romero, A. (2006). *Diagnóstico de las condiciones microbiológicas y fisicoquímicas del queso costeño producido en el municipio de Sincé-Sucre, Colombia*. Sincelejo: Tesis de grado.
- Chun-hui, L., Chang-hai, W., Zhi-liang, X., & Yi, W. (2007). Isolation, chemical characterization and antioxidant activities of two polysaccharides from the gel and the skin of *Aloe barbadensis* Miller irrigated with sea water. *Process Biochemistry*, 961-970.
- Cravero, & otros, y. (2004). *Microorganismos Patógenos y Grasas Oxidadas en Emparedados*. Recuperado el 24 de Octubre de 2014, de http://www.respyn.uanl.mx/v/4/articulos/microorganismos_patogenos.htm.
- DANE, D. A. (2014). *Encuesta Nacional Agropecuaria*. Bogotá, D.C: Bolentin de prensa.
- Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J., & Voilley, A. (1998). Edible films and coatings: tomorrow's packagings. *Critical Reviews in Food Science*, 299-313.
- Di Pierro, P., Sorrentino, A., Mariniello, L., Giosafatto, V., & Porta, R. (2011). Chitosan/whey protein film as active coating to extend Ricotta cheese shelf-life. *Revista LWT - Food Science and Technology*, 2324-2327.
- Diaz, J. (2009). Caracterización del mercado de la industria quesera en la subregión Valle del Ariguaní, Departamento del Magdalena. *Tesis de grado*. Bogotá. *Universidad de la Salle. Facultad de Ciencias Agropecuarias.*, p 105.
- Dos Reis, K., De Siqueira, H., De Oliveira, L., Silva, J., & Pereira, J. (2006). Pepino Japonés (*Cucumis sativus* L.) submetido ao tratamento com fécula de mandioca. *Ciência e Agrotecnologia*, 487 493.

- Dussán-Sarria, S., Ramírez-Yela, J., & Hleap-Zapata, J. (2017). Conservación de Mango Mínimamente Procesado usando un Recubrimiento Comestible a base de Aceite de Aguacate . *Información Tecnológica*, 28(3), 67-74.
- Dussán-Sarria, S., Reyes-Calvache, P., & Hleap-Zapata, J. (2014). Efecto de un Recubrimiento Comestible y Diferentes Tipos de Empaque en los Atributos Físico-Químicos y Sensoriales de Piña `Manzana´ Mínimamente Procesada . *Información Tecnológica*, 25(5), 41-46.
- Eshun, K., & He, Q. (2004). Aloe vera: A valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 91-96.
- Fajardo, P., Martins, J., Fuciños, C., Pastrana, L., Teixeira, J., & Vicente, A. (2010). Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the storability of Saloio cheese. *Revista Journal of Food Engineering*, 349-356.
- FAO. (1989). *Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Santiago de Chile.
- FAO. (2003). *Manual para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas: Del campo al mercado*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
- Fernández, D., Bautista, S., Fernández, D., Ramírez, A. O., García, A., & Falcón, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas . *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52-57.
- Fernández, N., Echeverría, D., Mosquera, S., & Paz, S. (2017). Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 134-141.

- García, L., Vizoso, P., Ramos, R., Piloto, F., Pavón, G., & Rodríguez, E. (2001). Estudio toxicogenético de un polisacárido del gel de Aloe Vera L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 52-55.
- Gennadios, A., M. A., H., & Kurth, L. B. (1997). Application of Edible Coatings on Meats, Poultry and Seafoods. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 337-350.
- Gómez, M. (2005). *Tecnología de Lácteos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. UNAD.*
- González-Aguilar, G., Ayala-Zavala, J. F., Olivas, G., Rosa, L. A., & Álvarez-Parrilla, E. (2010). Preserving quality of fresh-cut products using safe technologies. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 5(1), 65-72.
- Hamman, J. (2008). Composition and Applications of Aloe vera Leaf Gel. *Molecules*, 1599-1616.
- ICTA. (1994). *Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, guía para producir quesos colombianos.* Bogotá.
- INVIMA, M. d. (1998). *Manual de Técnicas de Análisis para Control de Calidad Microbiológico de Alimentos para Consumo Humano.* Bogotá D.C.
- Jasso, D., Hernández, D., Rodríguez, R., & Angulo, J. (2005). Antifungal activity in vitro of Aloe vera pulp and liquid fraction varieties under commercial and industrial storage conditions . *LWT*, 896–904.
- Kampf, N., & Nussinovitch, A. (2000). Hydrocolloid coating of cheeses. *Revista Food Hydrocolloids*, 531-537.
- Kyzlink, V. (1990). *Principles of food preservation.* Czechoslovakia: Praga.
- Llano, G., & Meza, D. (2013). *Efecto del cristal de aloe vera como recubrimiento comestible en la calidad postcosecha de la papaya (Carica papaya) y el tomate*

(*Lycopersicon esculentum*). Trabajo de pregrado, Universidad Popular del Cesar. Programa de Ingeniería Agroindustrial, 2013, Valledupar.

Locaso, D., Cruañes, M., Velazque, M., Pisonero, M., Gerard, O., & Terenzano, I. (2007). Conservación de naranjas con un recubrimiento formulado con terpenos obtenidos a partir de *Pinus elliotis*. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 18(35), 153-173.

Martinez, L., Romero, N., Albuquerque, J., Valverde, F., Guillén, S., Castillo, D., . . . Serrano, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment. *Postharvest Biology and Technology*, 93-100.

Martínez-Romero, D., Albuquerque, N., Valverde, J., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D., & Serrano, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: A new edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 93–100.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). *Resolución 3929 del 2013*.

Mulkay, T., Cáceres, R., Rodríguez, J., & Paumier, A. (2004). Manejo de la maduración en frutos de papaya (*Carica papaya* L.) cv Maradol. *Revista CitriFrut*, 21, 9-13.

NTC 236, N. T. (2011). *Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de peróxido*. Bogotá D.C: incontec internacional.

NTC 688, N. T. (1973). *Alimentos y materias primas. Determinación de los contenidos de grasa y fibra cruda*. Bogotá D.C: incontec internacional.

Pastor, C., Vargas, M., & González-Martínez, C. (2005). Recubrimientos comestibles: Aplicación a frutas y hortalizas. *Revista: Alimentación, Equipos y Tecnología*, 130-135.

Ramirez, J. (2012). Conservación de mora de castilla (*rubus glaucus benth*) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila (*aloe barbadensis miller*). 92.

Ramírez, J. (2012). Conservación de mora de castilla (*rubus glaucus benth*) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila (*aloe barbadensis miller*). Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. *Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos*, p 112.

Resolución 01804 de 1989. Ministerio de la Protección social. (s.f.).

Restrepo, J., & Aristizabal, I. (2010). Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa Duch cv. camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca sábila (*Aloe barbadensis Miller*) y cera de carnauba. *Vitae. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 252-263.

Reynolds, T., & Dweck, A. (1999). Aloe vera leaf gel: a review update. *Journal of Ethnopharmacology.*, 3–37.

Rodríguez, D., Hernández, D., Rodríguez, R., & Angulo, J. (2005). Antifungal activity in vitro of Aloe vera pulp and liquid fraction against plant pathogenic fungi. *Industrial Crops and Products*, 81–87.

Rosca, O., Parvu, M., Vlase, L., & M., T. (2007). Antifungal activity of Aloe vera leaves. *Fitoterapia*, 219–222.

Saks, Y., & Barkai, R. (1995). Aloe Vera gel activity against plant pathogenic fungi. *Postharvest Bio and Tech.*, 159-165.

Samukelo, L., & Linus, U. (2015). Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products—A review. *Scientia Horticulturae*, 184, 179-192.

Scanavaca, L., Fonseca, N., & e Canto, M. (2009). Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga “Surpresa”. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 67-71.

- Secretaria de Salud, D. (2014). *Boletín Epidemiológico Semanal*. Valledupar: Gobernación del Cesar. Secretaria de Salud Departamental. Coordinación de vigilancia epidemiológica y estadística.
- Valle-Guadarrama, S., López-Rivera, O., Reyes-Vigil, M., Castillo-Merino, J., & Santos-Moreno, A. (2008). Recubrimiento comestible basado en goma arábica y carboximetilcelulosa para conservar frutas en atmósferas modificada. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(3), 235-241.
- Vega, A., Ampuero, C., & Nevenka, D. N. (2005). El Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) como componente de alimentos funcionales. *Revista Chilena de Nutrición*, 208-214.
- Velázquez-Moreira, A., & Gurerrero-Beltrán, J. (2014). Algunas investigaciones recientes en recubrimientos comestibles aplicados en alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 8(2), 5-12.
- Wu, J. H., Xu, C., Shan, C. Y., & Tan, R. X. (2006). Antioxidant properties and PC12 cell protective effects of ASP-1, a polysaccharide from Aloe Vera var. chinensis. *Life Sciences* 78, 622-630.

12. ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico del pH

ANOVA para pH

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,057525	3	0,019175	0,15	0,9287
Intra grupos	7,11709	56	0,127091		
Total (Corr.)	7,17462	59			

La tabla ANOVA descompone la varianza de pH en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,150876, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH entre un nivel de Tratamientos y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para pH

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T ₂	15	3,92867	X
T ₀	15	3,934	X
T ₁	15	3,99	X
T ₃	15	3,996	X

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

En la tabla se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Anexo 2. Análisis estadístico de los sólidos solubles (°Brix)

ANOVA para los sólidos solubles

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	10,3098	3	3,43661	2,46	0,0721
Intra grupos	78,232	56	1,397		
Total (Corr.)	88,5418	59			

La tabla ANOVA descompone la varianza de sólidos solubles en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 2,45999, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de sólidos solubles entre un nivel de Tratamientos y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para sólidos solubles

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T ₂	15	9,48	X
T ₁	15	9,81333	X
T ₃	15	10,2533	X
T ₀	15	10,5667	X

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

En la tabla se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Anexo 3. Análisis estadístico de la acidez

ANOVA para la acidez

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,0160067	3	0,00533556	0,67	0,5725
Intra grupos	0,444267	56	0,00793333		
Total (Corr.)	0,460273	59			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Acidez en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,672549, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Acidez entre un nivel de Tratamientos y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para Acidez

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T ₀	15	0,569333	X
T ₁	15	0,574	X
T ₃	15	0,588	X
T ₂	15	0,611333	X

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

En la tabla se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Anexo 4. Análisis estadístico de la pérdida de peso

ANOVA para la pérdida de peso

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>
Entre grupos	0,188002	3	0,0626672	0,06
Intra grupos	7,88553	8	0,985691	
Total (Corr.)	8,07353	11		

La tabla ANOVA descompone la varianza de pérdida de peso en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,063577, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pérdida de peso entre un nivel de tratamientos y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para pérdida de peso

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T ₃	3	8,68032	X
T ₂	3	8,78788	X
T ₀	3	8,91068	X
T ₁	3	9,01235	X

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

En la tabla se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Anexo 5. Análisis estadístico de la firmeza

ANOVA para la firmeza

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,0245	3	0,00816667	0,25	0,8578
Intra grupos	1,79733	56	0,0320952		
Total (Corr.)	1,82183	59			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Firmeza en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,254451, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Firmeza entre un nivel de Tratamientos y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para la firmeza

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T ₁	15	0,986667	X
T ₃	15	1,0	X
T ₀	15	1,02	X
T ₂	15	1,04	X

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

En la tabla se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Anexo 6. Análisis estadístico del olor

ANOVA para el olor

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,2375	3	0,0791667	0,18	0,9122
Intra grupos	34,15	76	0,449342		
Total (Corr.)	34,3875	79			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Olor en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,176184, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Olor entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para el olor

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T ₂	20	3,65	X
T ₁	20	3,7	X
T ₃	20	3,7	X
T ₀	20	3,8	X

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

En la tabla se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Anexo 7. Análisis estadístico del sabor

ANOVA para el sabor

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,7375	3	0,245833	0,36	0,7848
Intra grupos	52,45	76	0,690132		
Total (Corr.)	53,1875	79			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Sabor en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,356212, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Sabor entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para el sabor

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T ₀	20	3,55	X
T ₁	20	3,65	X
T ₂	20	3,75	X
T ₃	20	3,8	X

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

En la tabla se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Anexo 8. Análisis estadístico de la textura

ANOVA para Textura por Tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,7375	3	0,245833	0,35	0,7857
Intra grupos	52,65	76	0,692763		
Total (Corr.)	53,3875	79			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Textura en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,354859, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Textura entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Pruebas de Múltiple Rangos para la textura

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T ₃	20	3,7	X
T ₂	20	3,75	X
T ₁	20	3,75	X
T ₀	20	3,95	X

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

En la tabla se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Anexo 9. Análisis estadístico de la aceptación general

ANOVA para la aceptación general

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1,0	3	0,333333	0,59	0,6222
Intra grupos	42,8	76	0,563158		
Total (Corr.)	43,8	79			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Aceptación General en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,5919, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Aceptación General entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.


Pruebas de Múltiple Rangos para aceptación general

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T ₁	20	3,8	X
T ₂	20	3,9	X
T ₀	20	4,0	X
T ₃	20	4,1	X

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

En la tabla se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Anexo 10. Análisis microbiológicos de los gajos de pomelo

	FORMATO ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	VIGENCIA	
		14-01-17	
		VERSION: 1	PAG:1

REPORTE DE ENSAYO
 No 1458-1

ODS No.	1458-1
Códigos:	0718-1458

I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE

CLIENTE:	Vanessa Daza - Olga Bendeth			NIT/C.C.	1085647770
CONTACTO/CARGO:	Vanessa Daza - Olga Bendeth	DIRECCIÓN:	vanedaza93@hotmail.com		
DEPARTAMENTO:	Cesar	MUNICIPIO:	VALLEDUPAR	TELÉFONO:	3043781014

II. INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

CÓDIGO	NATURALEZA DE LA MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	LUGAR DE MUESTREO	MUESTRA TOMADA POR		LABORATORIO		
				FECHA DE MUESTREO	HORA	2018-07-16	10:00	
0718-1458	PULPA DE POMELO	PULPA DE POMELO	UNICESAR	FECHA DE INGRESO MUESTRA	2018-07-16	HORA:	10:00	
				FECHA INICIO DE ENSAYOS	2017-07-16			
				FECHA FINALIZ. DE ENSAYO	2017-07-28			
				FECHA DE REPORTE	2017-08-02			

N.A. No aplica

N.I. Información no suministrada

III. RESULTADOS

INMUNOLOGICOS

MICROBIOLÓGICOS

ENSAYOS	UNIDA DES	CÓDIGO DE LA MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	TÉCNICA	MÉTODO
		0718-1458-1 MUESTRA 0	0718-1458-2 RECUBRIMIENTO 1	0718-1458-4 RECUBRIMIENTO 2	0718-1458-4 RECUBRIMIENTO 3		
Aerobios Mesófilos	UFC	670	40	<10	<10	Recuento en Placa	NTC 4519 1998 - 10 - 28
Mohos y Levaduras	UFC	800	100	<10	<10	Aislamiento y enumeración	INVIMA

Observaciones: La muestra analizada cumple con los límites microbiológicos permisibles para este tipo de producto

Nota: El presente informe es válido solo para la muestra sometida a análisis. La utilización de los resultados es de uso exclusivo del cliente y No debe hacerse reproducción parcial del presente informe.

PEDRO JOSÉ FRAGOSO
 BACTERIOLOGO MSC, PhD
 TP: 507-02
PEDRO JOSÉ FRAGOSO C.
 Bacteriólogo MSc. Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Dirección Calle 8A N° 22 - 80 Valledupar. TEL.5700657, CEL. 3166954067. www.bioindalamb.com
 E – mail. pedrojoosefragoso@gmail.com, bioindallab@gmail.com

Anexo 11. Evidencias fotográficas del proyecto





